

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ О. В. Гондляр

« ____ » _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 133 - Галузеве машинобудування

на тему: «Лінія виробництва лінолеуму з модернізацією вальців»

Виконав:

студент VI курсу, групи ЛП-71мп

Горпинюк В.Ю.

Керівник:

д.т.н., доц,

Сівецький В.І

Консультант з розділу модернізація

доцент каф. ХПСМ,
д.т.н., доц. Щербина В.Ю.

Рецензент

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

Київ – 2018

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно-хімічний факультет

Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність – 133 - Галузеве машинобудування

Спеціалізація - Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання виробництв полімерних і будівельних матеріалів та виробів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

О.В.Гондлях

«__»_____2018 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Горпинюк Володимир Юрійович

1. Тема дисертації «Лінія виробництва лінолеуму з модернізацією вальців», науковий керівник дисертації Сівецький Володимир Іванович, професор, затверджені наказом по університету від «__»_____20__ р. №_____

2. Термін подання студентом дисертації

3. Об'єкт дослідження – привід вальців.

4. Вихідні дані: діаметр вальців– 660 мм, довжина валка – 2.1 м, число обертів валків–22 та 26 об/хв, робоча поверхня валків-гладенька твердість HRC 42-55 , робочий зазор між валками – 2 – 10 мм, маса кульового завантаження – 160 т, маса обичайки – 57.3 т, температура поверхні валків не більше 90 С, передавальне число 78,9 , маса не більше 33920 кг, Продуктивність, кг/год 420

Перелік завдань, які потрібно розробити. Пояснювальна записка повинна мати наступний вигляд: зміст, вступ, призначення та галузь застосування виробу який проектується, технічна характеристика базового обладнання, список конструкції базового обладнання, основні частини та принципу дії, літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації, розділ «Автоматизована система управління», розділ «Охорона праці та навколишнього середовища». Література, додаток: таблиця «Перелік розглянутих патентів». Розділ «Розрахунки» має включати:

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Титульні листи. Завдання. Календарний план. Реферати з ключовими словами (українською та іноземною мовами). Перелік позначень, скорочень. Зміст дисертації..		
2	Пояснювальна записка: - вступ -опис базової машини - патентно-літературний огляд - таблиця розглянутих патентів - вибір і обґрунтування модернізації		
	- автоматизація		
	- техніка безпеки		
	- розробка стартап-проекту і оцінкою техніко-економічних показників модернізації,		
	- висновки щодо модернізації,		
3	Розрахунки -кінематичні, параметричні, теплові розрахунки, розрахунки на міцність та інші. -програма та результати розрахунків. -3D модель деталі чи вузла. -візуалізація результатів розрахунків		
4	Технологія монтажу та експлуатації.		
5	Загальний висновок		
	Список посилань		
6	Додатки (специфікації, таблиці, авторські статті, тези, доповіді, заяви на винахід, патенти, та інші досягнення)		
	Графічна частина		
1	Технологічна лінія		
2	Загальний вигляд машини		
3	Складальне креслення вузлів		
4	Складальне креслення вузлів		
5	Модернізації (2). Складальні креслення.		
6	Розрахункова 3D модель		
7	Результати розрахунків		

Студент

В.Ю. Горпинюк

Науковий керівник дисертації

В.І. Сівецький

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація виконана на тему «Лінія виробництва лінолеуму з модернізацією вальців»

Робота складається з пояснюючої записки, розрахунків, розділу монтажу, висновків, списку умовних позначень та додатків. Також проект містить опис виробничого процесу лінії, в якому приймають участь вальці.

Метою дисертації є розробка модернізації приводу вальців з літературних джерел та патентів. В даній роботі запропонована модернізація універсального шпинделя з метою зменшення браку та простою на виробництві шляхом підвищення зносостійкості і ремонтпридатності, що дозволяє зменшити час робочого циклу, в разі поломки, що забезпечує підвищення продуктивності. При розробці проекту було проведено патентний та літературний пошук. Креслення були виконані в програмному забезпеченні КОМПАС-3D та AutoCAD , розрахунки працездатності зроблено за допомогою Ansys.

Результати виконаних розрахунків додано в розрахунково-пояснювальну записку. Специфікації додаються до складних креслень. В кінці розділів наведено список літератури що використовувалася.

ВАЛЬЦІ , УНІВЕРСАЛЬНИЙ ШПИНДЕЛЬ, ШЛІЩЕВИЙ ВАЛ,
МОДЕРНІЗАЦІЯ, РОЗРАХУНКИ, ПВХ, ДИСЕРТАЦІЯ.

ABSTRACT

The master's thesis was made on the topic "Linoleum production line with the modernization of rollers"

The work consists of an explanatory note, calculations, section installation, conclusion, list of symbols and applications. The project also contains a description of the production process of the line in which the rolls take part.

The purpose of the thesis is the development of modernization of the drive rollers from literary sources and patents. In this paper, the proposed modernization of the universal spindle in order to reduce rejects and downtime in production by increasing wear resistance and maintainability, which reduces the cycle time in the event of a breakdown, which provides increased performance. During the development of the project, patent and literature searches were carried out. The drawings were made in the software KOMPAS-3D and AutoCAD, the performance calculations are done using Ansys.

The results of the calculations are added to the settlement and explanatory note. Specifications are added to complex drawings. At the end of the sections is a list of references.

ROLLERS, UNIVERSAL SPINDLE, SPLINED SHAFT, MODERNIZATION, CALCULATIONS, PVC, DISSERTATION.

Реферат

Магистерская диссертация выполнена на тему «Линия производства линолеума с модернизацией вальцов»

Работа состоит из объясняющей записки, расчетов, раздела монтажа, заключения, списка условных обозначений и приложений. Также проект содержит описание производственного процесса линии, в котором принимают участие вальцы.

Целью диссертации является разработка модернизации приводе вальцов из литературных источников и патентов. В данной работе предложена модернизация универсального шпинделя с целью уменьшения брака и простоя на производстве путем повышения износостойкости и ремонтпридатрости, что позволяет уменьшить время рабочего цикла в случае поломки, что обеспечивает повышение производительности. При разработке проекта были проведены патентный и литературный поиск. Чертежи были выполнены в программном обеспечении КОМПАС-3D и AutoCAD, расчеты работоспособности сделано с помощью Ansys.

Результаты выполненных расчетов добавлен в расчетно-пояснительную записку. Спецификации добавляются к сложным чертежам. В конце разделов приведен список литературы использования.

ВАЛЬЦЫ, УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ШПИНДЕЛЬ, ШЛИЦЕВОЙ ВАЛ,
МОДЕРНИЗАЦИЯ, РАСЧЕТЫ, ПВХ, ДИССЕРТАЦИЯ.

Перелік позначень:

E - модуль пружності ($Mн / м^2$);

σ - границя міцності на стиснення ($Mн / м^2$);

ρ - об'ємна маса ($T / м^3$);

D_0 - внутрішній діаметр барабану ($м$);

L_0 - довжина барабану ($м$);

n - частота обертання барабана (об/хв);

D - зовнішній діаметр барабана ($м$);

L - довжина камери ($м$);

$D_{ц}$ - діаметр цапфи ($м$);

V - об'єм камер ($м^3$);

$m_{мол}$ - маса молоткових тіл ($т$);

$\rho_{мол}$ - об'ємна маса молоткових тіл ($т/м^3$);

μ - коефіцієнт порожнистості завантаження;

Π_{ρ} - продуктивність млина ($т/год$);

N - потужність двигуна ($кВт$);

G - сила тяжіння маси завантаження ($Н$);

P - центробіжна сила інерції маси завантаження ($МН$);

$M_{н}$ - максимальний згинальний момент ($Н \cdot м$);

W – момент опору корпусу ($м^3$);

$\sigma_{зг}$ - напруження від вигину цапфи ($МПа$).

Зміст

ВСТУП.....	3
1 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ БАЗОВОГО ОБЛАДНАННЯ.....	4
1.1 Конструкція та принцип дії технологічної лінії	4
1.2 Конструкція та принцип дії вальців	7
1.2.1 Конструкція вальців	7
1.2.2 Клиновий пристрій	8
1.2.3 Редуктор приводу	8
1.2.4 Валок	9
1.2.5 Механізм регулювання зазору.....	9
1.2.6 Аварійний пристрій	10
1.2.7 Обмежувальні стріли.....	11
2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОГО ОБЛАДНАННЯ	12
2.1 Технічна характеристика лінії	12
2.2 Технічна характеристика вальців	13
3 ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД.....	16
3.1 Основні показники обраної базової конструкції	16
3.2 Патентні дослідження.....	16
3.3 Обґрунтування обраної модернізації	25
4 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ	27
4.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів.	27
4.1.1 Електробезпека.	27
4.1.2 Небезпека впливу рухаючих і обертаючих частин.	29
4.1.3 Промислове освітлення.	29
4.1.4 Шум і вібрація.....	30
4.2 Повітря робочої зони.	31
4.2.1 Вентиляція.	31

					<i>ЛП71мп.027256.01-70ПЗ</i>			
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>		<i>Лінія виробництва лінолеуму з модернізацією вальців</i>			
<i>Розробив</i>	<i>Горпиняк</i>							
<i>Перевірів</i>	<i>Сівецький</i>							
<i>Рецензент</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затвердив</i>	<i>Гондляр</i>				<i>НТУУ «КПІ», ІХФ,</i>			
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акру</i>	
								80

4.2.2	Вибір електродвигуна.....	33
4.3	Пожежна безпека.....	34
5	СТФРТАП ПРОЕКТ.....	36
5.1	Опис ідеї проекту	36
5.2	Аналіз техніко-економічних показників.....	37
5.3	Аудит ідеї проекту	38
5.4	Результуючі висновки.....	39
6	АВТОМАТИЗАЦІЯ	40
6.1	Контур регулювання температурного режиму валків.....	40
6.2	Вимір розпірних зусиль.....	41
6.3	Схема сигналізації.....	42
	ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК.....	43
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	44
	ДОДАТОК А.....	45
	ДОДАТОК Б	48

ВСТУП

Полімерне машинобудування займає особливе місце серед інших галузей промисловості завдяки широким міжгалузевим зв'язкам і великому асортименту устаткування, що випускається. Широкий розвиток виробництва полімерних матеріалів, постійне поліпшення їх властивостей і зниження вартості сприяють застосуванню цих матеріалів у різних галузях економіки.

Інтенсивний розвиток виробництва полімерних матеріалів і в першу чергу термопластів є причиною все більшого вивчення питань теорії та практики переробки цих матеріалів у вироби. Останнім часом за темпами зростання виробництво полімерних матеріалів технічного призначення значно випереджає виробництво аналогічних матеріалів з натуральної сировини.

Упровадження новітніх досягнень науки і техніки в галузі переробки пластичних мас і гумових сумішей дає можливість створювати нові і модернізувати існуючі виробництва.

Одним з основних видів продукції промисловості переробки полімерів у вироби є листові матеріали, які знаходять широке використання в будівництві, автомобілі та літакобудуванні та інших галузях промисловості і в побуті.

Згідно із завданням, темою переддипломної практики є «Лінія для виробництва лінолеуму з модернізацією вальців». Вальці такого типу користуються попитом, який пов'язано з виробництвом полімерної продукції. Наведена конструкція вальців є найбільш поширеною, бо може використовуватися як у велико- так і в середньотонажному виробництві. Також важливою рисою розглянутих вальців є можливість їх використання в технологічній лінії або окремо. Широкі межі використання машини роблять її досить конкурентно спроможною як в Україні, так і за її межами. Лінія, до складу якої може входити дана машина, використовується на підприємствах будівельної промисловості.

1 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ БАЗОВОГО ОБЛАДНАННЯ

1.1 Конструкція та принцип дії технологічної лінії

Лінія представляє собою комплект складальних одиниць, що забезпечує одержання ПВХ матеріалів (застосовувану сировину і склад ПВХ одержують полімеризацією мономеру – хлористого вінілу CH_2CHCl), за автоматичної підтримки заданої швидкості всіма механізмами лінії, а також за автоматичної підтримки заданих температур у всіх механізмах лінії.

До складу лінії ходять: два змішувачі двох роторні 250/22–44; вальці ВПСм–Пд2100 (660/660)Л; вальці ВПСм–Пд2100 (660/660)Л (остаточного підігріву підготовлюваної композиції); каландр для переробки пластмас КП4–660–2100Л; пристрій дублювально-тисний, прилад розбраковки і намотування, стрічковий конвеєр, пристрій повернення кромки; рольганг; розмотувач; охолоджувач; пристрій добору кромки; різка поперечна; компенсатор багатопетлевий; намотувач; естакада; автоматизація; комплект складальних одиниць і деталей.

Схему лінії наведено на Рисунок 1.1.

Для одержання ПВХ лінолеуму застосовують композицію, яка містить суспензійні полівінілхлоридні смоли, пластифікатори і наповнювачі. Рецептuru складається технологами й центральною лабораторією на основі досвіду й технічних вимог до лінолеуму.

Вихідні матеріали з відділення підготовки сировини, відповідно до заданої рецептури, надходять до відділення переробки на завантаження у два змішувачі 1, у яких вихідні матеріали перемішуються і пластифікуються. Одержана маса вивантажується на стрічковий транспортер 2 і далі зі стрічкового транспортеру 3 подається на край першого валка вальців 4. На вальцях маса багаторазово пропускається крізь міжвалковий проміжок, поступово переміщуючись від місця завантаження до іншого краю валка, де знімається та у вигляді стрічки подається стрічковим транспортером 5 на другі вальці 6, на яких маса провальцьовується, поступово переміщуючись від одного краю робочого валка

до іншого та у вигляді стрічки хитним транспортером 7 подається на каландр 8.

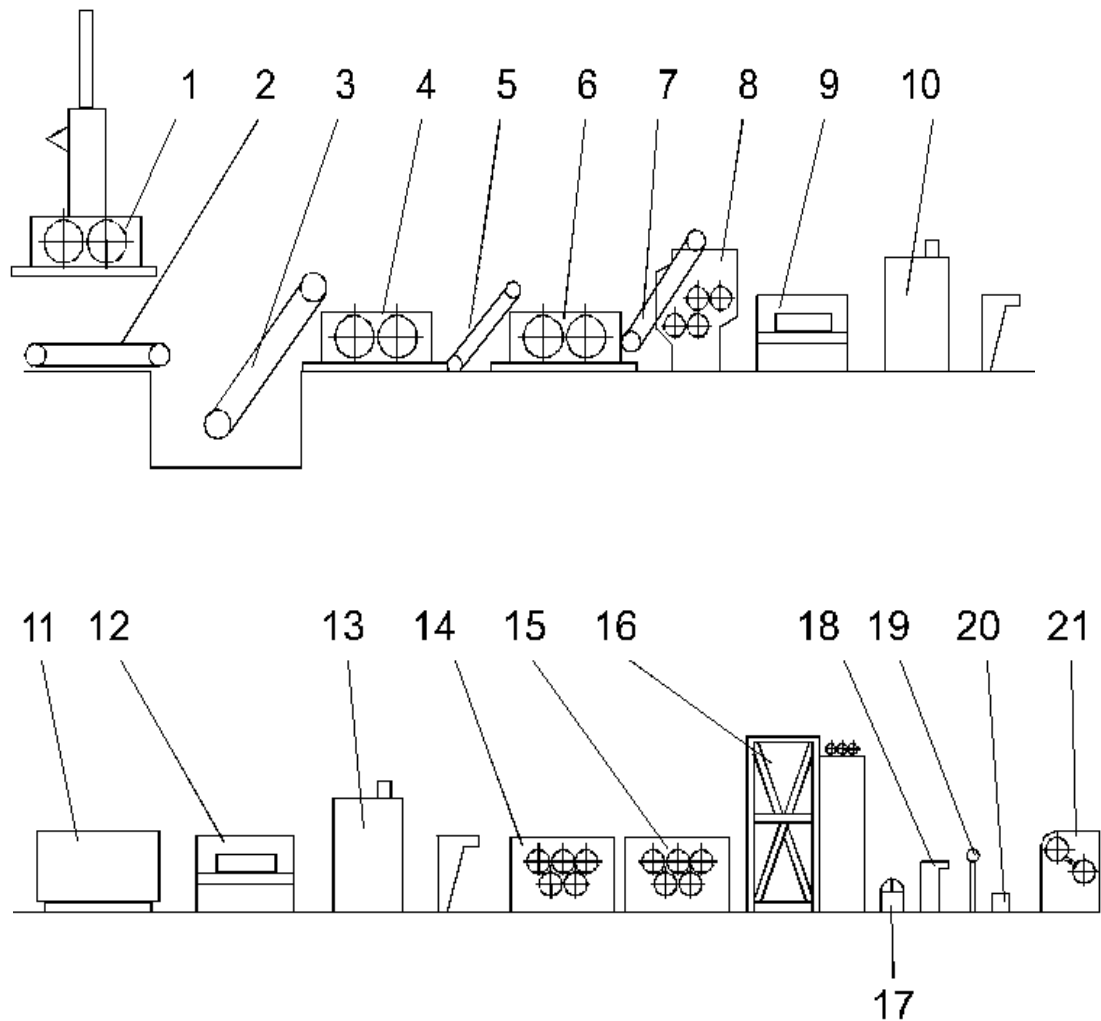


Рисунок 1.1 – Схема лінії для виробництва лінолеуму на основі ПВХ

1 – змішувач; 2, 3, 5 – стрічковий транспортер; 4, 6 – вальці; 7 – хитний транспортер; 8 – каландр; 9, 11 – розмотувальні пристрої; 10, 13 – тиснильно-дублювальний пристрій; 14, 15 – охолоджувальні пристрої; 16 – багатопетльовий компенсатор; 17 – пристрій контролю товщини; 18 – пристрій обрізання крайок; 19 – пристрій добору крайок; 20 – пристрій поперечного різання; 21 – намотувальний пристрій

Тут маса послідовно проходить крізь три міжвалкових проміжки і знімається з каландра у вигляді остаточно відформованого полотна заданої товщини. Встановлені на третьому валку каландра дискові ножі обрізають крайки лінолеуму, які стрічковим транспортером повертаються в перший проміжок каландра і змішуються зі свіжою масою.

Далі лінолеум стрічковим транспортером подається в тиснильно-дублювальний пристрій, де може дублюватися з плівкою, що надходить з розмотувального пристрою і має друкований декоративний малюнок. На пристрої може здійснюватися тиснення малюнка на поверхні рулонного виробу. Для зняття внутрішніх напружень у матеріалі лінолеум надходить у термокамеру. Для розширення технологічних можливостей лінії до її складу включають другий розмотувальний і тиснильно-дублювальний пристрої. Охолоджувальні пристрої і знижують температуру полотна лінолеуму до значення, заданого технологічним регламентом. Охолоджене полотно надходить крізь багатопетльний компенсатор у пристрій контролю товщини лінолеуму, що здійснює неперервний автоматичний контроль і реєстрацію товщини лінолеуму, а також сигналізує про відхилення товщини від номінального значення.

Після контролю товщини полотна лінолеуму направляється в пристрій обрізки, де йому надається задана ширина, а потім проходить крізь пристрій добору кромки, у якому обрізані кромки намотуються в рулони і видаляються за межі лінії.

У пристрої поперечного різання з поверхні відформованого виробу знімають заряди статичної електрики. Після намотування рулону заданої довжини в намотувальному пристрої за командою лічильника метражу періодично здійснюється поперечне різання полотна. Потім включається привід валків, пристрій поперечного різання і полотно лінолеуму потрібної довжини, контрольованої лічильником метражу, подається на сковзало.

Сковзало піднімається і подає край полотна лінолеуму до оправки намотувального пристрою для заправлення за командою лічильника метражу. Заправлена оправка з позиції заправлення (нижньої) повертається в позицію намотування (верхню), а готовий рулон переходить у нижню позицію на знімання.

Під час роботи намотувального пристрою рухома рама багатопетльового компенсатора знаходиться в нижньому положенні, при цьому сельсинний датчик

багатопетльового компенсатора керує намотувальним пристроєм. Під час зупинки намотувального пристрою на час поперечного різання і заправлення сельсинний датчик багатопетлевого компенсатора переключається на керування швидкістю підйому рухомої рами компенсатора і нагромадження лінолеуму.

Поперечне різання лінолеуму, зняття готового рулону лінолеуму та установка порожньої оправки в намотувальному пристрої, що замикає лінію, не порушують неперервність технологічного процесу на лінії завдяки багатопетлевому компенсатору, який у цей час нагромаджує лінолеум.

1.2 Конструкція та принцип дії вальців

1.2.1 Конструкція вальців

Вальці (див. ЛП71мп.02.7273.000) являють собою машину з двома валками, основними робочими органами якої являються валки, що розміщені в горизонтальній площині і обертаються в різні сторони. Валки вальців обертаються в підшипниках кочення, змонтованих в двох станінах. Станини являють собою Н-подібні рами, що закріплені нижніми стійками на фундаментній плиті. Верхні стійки кожної рами охоплені траверсами і утворюють разом з перекладиною рами прямокутний отвір, в якому розміщуються корпуси підшипників. Підшипники заднього валка прикріплюються нерухомо до станіни, підшипники переднього валка встановлені так, що їх можна пересувати по станіні для регулювання зазору між валками. Регулювання величини зазору між валками відбувається за допомогою спеціальних механізмів регулювання зазору. На кожній з станін вальців маютьс я указники величини зазору для усунення перекосу валків.

На поперечинах станін змонтовано клиновий пристрій , довжина якого відповідає довжині валків.

Вальці приводяться до руху від спеціального приводу, що складається з циліндричного трьохступеневого редуктору, фрикційних шестерен та електродвигуну. Привід і вальці змонтовано на спільній фундаментній плиті.

Для забезпечення безпеки роботи на вальцях передбачено аварійний пристрій 19, штанга якого закріплена перед переднім валком.

1.2.2 Клиновий пристрій

Клиновий пристрій являє собою клин-відбивач змонтований на станині вальців і встановлений своєю вершиною в зазорі між валками на всій їх довжині.

Клин-відбивач має ввігнуту робочу поверхню, що відповідає формі валка, робочою поверхнею клин встановлено до переднього валка, на якому обертається шар матеріалу, вершина клина знаходиться в зазорі між валками. Завдяки такому розташуванню робочих органів під час вальцювання досягається більш інтенсивний перерозподіл гумової суміші та ліквідація “запасу” матеріалу-небажаного ефекту, що спостерігався при роботі базової машини.

Регулювання зазору між клином та валками відбувається за допомогою регулювального гвинту.

1.2.3 Редуктор приводу

Редуктор приводу вальців - циліндрична трьохступенева передача, що складається з зубчатих косозубих колес. Колеса напресовані на вали, встановлені на конічних роликів підшипниках в чавунному корпусі, що має роз'єм в горизонтальній площині.

Вали проміжної та тихохідної ступені розташовані в одній горизонтальній площині по роз'єму редуктору. Вал-шестерня 1 швидкохідної

ступені розташовано вертикально під валом. Заливання мастила та спостереження за станом зачіплень відбувається крізь оглядовий люк в кришці редуктора, що закривається оглядовою кришкою. Для запобігання підвищення тиску при розігріві мастила під час роботи, внутрішня порожнина редуктору сполучається з атмосферою крізь віддушину.

Вихідний вал редуктору з'єднується за допомогою зубчатої муфти з заднім валком вальців.

1.2.4 Валок

Валок задній (див. ЛП71мп.027272.002-703К) виготовлено з чавуну СЧ15-32. По всьому діаметру валка на відстані 55 мм від зовнішньої поверхні бочки просвердлено канали для охолоджувальної води. Права сторона валка закрита заглушкою, яка ущільнюється за допомогою прокладки. Внутрішня порожнина валка призначена для приєднання та розташування у ній трубки барбатури - механізма подачі теплоносія (охолоджувальної води). Вода, потрапивши в праву порожнину, поступає по нахильним каналам, просвердленим в корпусі валка. Кожний канал з'єднано з горизонтальним каналом охолодження. Пройшовши по цим каналам, вода потрапляє в ліві нахильні канали і крізь ліву порожнину охолодження йде на злив. Отвори нахильних каналів, доходять до внутрішньої порожнини (отвори знаходяться в двох вертикальних площинах). З торця бочки валка свердлені отвори (нахильні та горизонтальні) закриті кільцем, під яким розташована паронітова прокладка. Кільце 6 притягується до площини торця бочки за допомогою спеціальних пробок ввернутих в корпус валка.

Подібна конструкція валка дозволяє значно інтенсифікувати процес теплообміну.

1.2.5 Механізм регулювання зазору

Механізм регулювання зазору являє собою гвинтову пару, гайка якої закріплена нерухомо в станині машини, а гвинт з'єднано з корпусом валкових підшипників.

В базовій машині обертання гвинту було можливим як від ручного приводу так і від електродвигуну. Але враховуючи те, що встановлення клинового пристрою в модернізованій конструкції передбачає роботу машини в установленому технологічному режимі при певній величині міжвалкового зазору, що змінюється в незначних межах, було визнано за доцільне обладнати модернізовані вальці механізмом регулювання зазору з лише ручним приводом.

В гайці встановлено упорний гвинт . Один кінець гвинта з'єднано з корпусом запобіжного пристрою, сполученого з корпусом валкового підшипника. На цьому ж кінці встановлено і пуансон. На другий кінець упорного гвинта насаджено на шліцях черв'ячне колесо редуктору. Черв'ячне колесо знаходиться в зачіпленні з черв'яком, на кінці якого насаджено маховичок з ручкою. Передавальне число редуктору 1:48, значна величина пояснюється тим, що швидкість гвинта повинна бути невисокою (для досягнення більшої точності регулювання зазору), а крутний момент на гвинті - достатньо великим.

Механізм регулювання зазору працює наступним чином. При обертанні маховичка обертається гвинт. Упираючись в шайбу гвинт переміщує підшипник, а відповідно і валок.

1.2.6 Аварійний пристрій

Для забезпечення безпеки роботи на вальцях є механізм аварійної зупинки, що складається з 2-х штанг, закріплених в шарнірах-підшипниках і розташованих перед переднім і заднім валками. При натисканні на штангу різьби віджимають пружину та натискають на ричаги шляхових малих перемикачів типу ВКП-711.

Робочий хід кнопки перемикача ВКП-711 складає 2,2-2,5 мм при зусиллі натискання на штангу більш 2,5 Н (0,25) кгс. Величину зусилля, необхідного для зупинки вальців можна регулювати за допомогою пружин.

При натисканні на штангу відбувається вимкнення електродвигуну, гальмування та зупинка вальців. Гальмування вальців відбувається за допомогою колодкових гальмів.

1.2.7 Обмежувальні стріли

Обмежувальні стріли призначені для відокремлення робочого простору валків від підшипників з метою запобігання потрапляння в підшипники матеріалу, перероблюваного на валках.

Кожна стріла складається з двох половин. Кожна половина стріли кріпиться за допомогою болтів до основи стріли нерухомо. У свою чергу основа стріли закріплюється на цапфі штанги за допомогою болтів. Перекриття зазору між половинами стріли забезпечує розсув валків на 10-15 мм без утворення зазору. Стріла притискається до валків за допомогою пружини, яка розміщується на штирі.

В зв'язку з тим, що на модернізованій машині встановлюється клиновий пристрій висота обмежувальних стріл була дещо зменшена (на 80 мм) по відношенню до базової конструкції.

2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОГО ОБЛАДНАННЯ

2.1 Технічна характеристика лінії

Лінія призначена для виробництва рулонних полімерних матеріалів (наприклад, одно-, багатоосновного чи безосновного полівінілхлоридного лінолеуму).

Показники призначення мають відповідати значенням, наведеним у Таблиця 2.1.

Таблиця 2.1 – Показники призначення лінії

Найменування параметра	Показник
Розміри одержуваного матеріалу, мм:	
товщина:	
- лінолеуму одношарового гладкого і тисненого	$2 \pm 0,1$
- лінолеуму двошарового (другий шар – плівка з друкованим декоративним малюнком)	$1,8 \pm 0,1$
- плівки двошарової (верхній шар – плівка з друкованим декоративним малюнком)	$1,2 \pm 0,1$
ширина	1800 ± 10
Продуктивність млн $\text{м}^2/\text{рік}$ ($\text{м}^2/\text{год}$), розрахована для товщини 1,2 мм, ширини 1800 мм, швидкості каландрування 18,6 м/хв, тризмінній роботі і 261-му робочому дні в році (6276 годин), не менше	10 (2018)
Швидкість каландрування, м/хв (кінематично забезпечена механізмами лінії)	4...40
Установлена потужність електроустаткування, кВт	
- загальна	2547
- електроприводів постійного струму	473

Продовження таблиці 2.1.

Найменування параметра	Показник
- електроприводів змінного струму	2050
- нагрівників	24
Напруга силової живильної мережі, В	
- змішувача	6000 ⁺⁶⁰⁰ ₋₈₀₀
- іншого електроустаткування	380 ⁺³⁸ ₋₁₉
Масова витрата пари, кг/год, не більше	
P = 1,2 МПа	2050
P = 0,8 МПа	150
P = 0,2...0,4 МПа	800
P = 0,05...0,067 МПа	25
Об'ємна витрата стисненого повітря тиском 0,4...0,6 МПа, м ³ /год, не більше	500
Об'ємна витрата води тиском 0,2...0,4 МПа, м ³ /год, за температури 20°С, не більше	70
Габаритні розміри лінії (орієнтовно), мм, не більше	
- довжина	67500
- ширина	10750
- висота	9350
Маса лінії розрахункова (без установки розбраковування і намотування, кг, не більше	515400

Величини витрат, вказаних у технічній характеристиці, є орієнтовними і уточнюються після проведення приймальних випробувань.

2.2 Технічна характеристика вальців

Основні параметри і характеристики вальців мають відповідати наведеним у

Таблиця 2.2.2.

Таблиця 2.2 – Основні параметри і характеристики вальців

№	Назва параметру	Величина
1	Розміри робочої поверхні валків,мм Діаметр Довжина	660 2100h14
2	Робоча поверхня валків-гладенька Твердість HRC	42-55
3	Робочі швидкості валків, об/хв Переднього Заднього	22 \pm 1 26 \pm 1
4	Фрикція	1:1,182
5	Розрахункове розпірне зусилля між валками, Н*м, не більш	1,5 \times 10 ⁶
6	Робочий зазор між валками,мм	2-10
7	Максимальний зазор між валками,мм	25
8	Температура поверхні валків, С ⁰ Не більше	90
9	Гальмівний пристрій Тип-ТКГ-400 Гальма колодочні з гідравлічним штовхачем Максимальний гальмівний момент, Н*м Гальмівний шлях валків після аврійного гальмування незавантажених вальців, обертів валка, не більше	1500 0,25
10	Привід вальців Електродвигун типу ВА02 315L6Т3 Номінальна потужність, кВт Напруга, В Трьохступеневий циліндричний редуктор	200 380

	Передавальне число	78,9
--	--------------------	------

Продовження Таблиця 2.2

1	Габаритні розміри вальців, мм, не більше	
	Ширина	2750
	Довжина	5600
	Висота	1900
2	Маса, кг, не більше	33920
3	Продуктивність, кг/год	420

3 ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД

3.1 Основні показники обраної базової конструкції

Провівши літературний огляд існуючих конструкцій вальців [3], за базову конструкцію в цьому звіті з практики обрано вальці ВПСм–Пд2100 (660/660)Л, які є універсальними для переробки пластичних мас і гумових сумішей, з однаковим діаметром валків, з обігрівом валків сухою насиченою парою або водою і постійним тиском валків на оброблюваний матеріал а також широко використовуються в промисловості, що обумовлено простотою конструкції та її універсальністю.

Виконавчими елементами передачі крутного моменту валкових машин зазвичай є різноманітні зубчасті передачі, вали та шпинделі, які в разі перевищення допустимого навантаження на елементи машини руйнуються.

Недоліком зазначених виконавчих елементів є складність їх обслуговування, недостатня зносостійкість та їх ускладнена заміна після руйнування.

У нашому випадку використовується універсальний шпиндель валкової машини виконаний у вигляді валу з вилками та хрестовинами на кінцях для передачі крутного моменту між редуктором та вальцями.

Універсальний шпиндель зазначеної конструкції є найбільш поширеним пристроєм передачі крутного моменту валкових машин, тому має можливість застосування в певному спектрі типорозмірів вальців, що істотно збільшує технологічні можливості їх застосування.

3.2 Патентні дослідження

Для усунення вищевказаних недоліків було проведено патентний огляд який є обов'язковою складовою і невід'ємною частиною процесу виконання науково-дослідних, дослідно-конструкторських і проектно-конструкторських

робіт, пов'язаних зі створенням нових та модернізацією існуючих об'єктів техніки є патентні дослідження.

Проведення патентних досліджень підвищує ефективність розробок і створює передумови для науково обґрунтованого планування цих робіт, освоєння у виробництві технічних новинок, запобігання дублювання розробок, а також правовий захист конкурентоздатних технічних рішень. Патентні дослідження крім того дозволяють цілеспрямовано керувати розробками в процесі їхнього проведення.

У магістерській дисертації модернізується привід вальців, який використовуються для приведення в рух вальців.

В патенті [1] покладено задачу вдосконалити універсальний шпіндель, що забезпечує підвищення надійності шпинделя, скорочення витрат прокатних валків, аварійних простоїв прокатного стану, підвищення його продуктивності, збільшення виходу придатного прокату, підвищення точності прокатки і якості прокочуються смуг.

Поставлена мета досягається тим, що в універсальному шпинделі приводу вертикальних валків, що включає верхній і нижній шарніри Гука, з'єднані відповідно з вертикальним вихідним валом редуктора приводу валка і приводним хвостовиком валка, на нижній вилці верхньої петлі з використанням фланцевого з'єднання з виступом і пазом закріплений вертикальний шліцьовий вал, встановлений в шліцьовій втулки, на нижньому кінці втулки виконаний фланець з діаметральним пазом, до якого своїм фланцем з діаметральним виступом прикріплена верхня вилка нижнього шарніра, а у фланці цієї вилки виконано центральний отвір, у фланці шліцьовій втулки знизу і в виступі на фланці верхньої вилки нижнього шарніра виконані співвісні циліндричні розточення, в яких встановлено центруюче кільце, в центральному отворі фланця верхньої вилки нижнього шарніра вниз дном герметично встановлений стакан, на верхньому кінці шліцьовій втулки закріплений захисний кожух, в шліцевому валу виконано центральне глухе отвір, поєднане з радіальними отворами, виконаними так, що при крайньому нижньому положенні шліцьовій втулки вони

розташовані вище захисного кожуха, а при робочому положенні прокатного валка - вище її верхнього торця.

Схема корисної моделі пояснюється на

Рисунок 3.1.

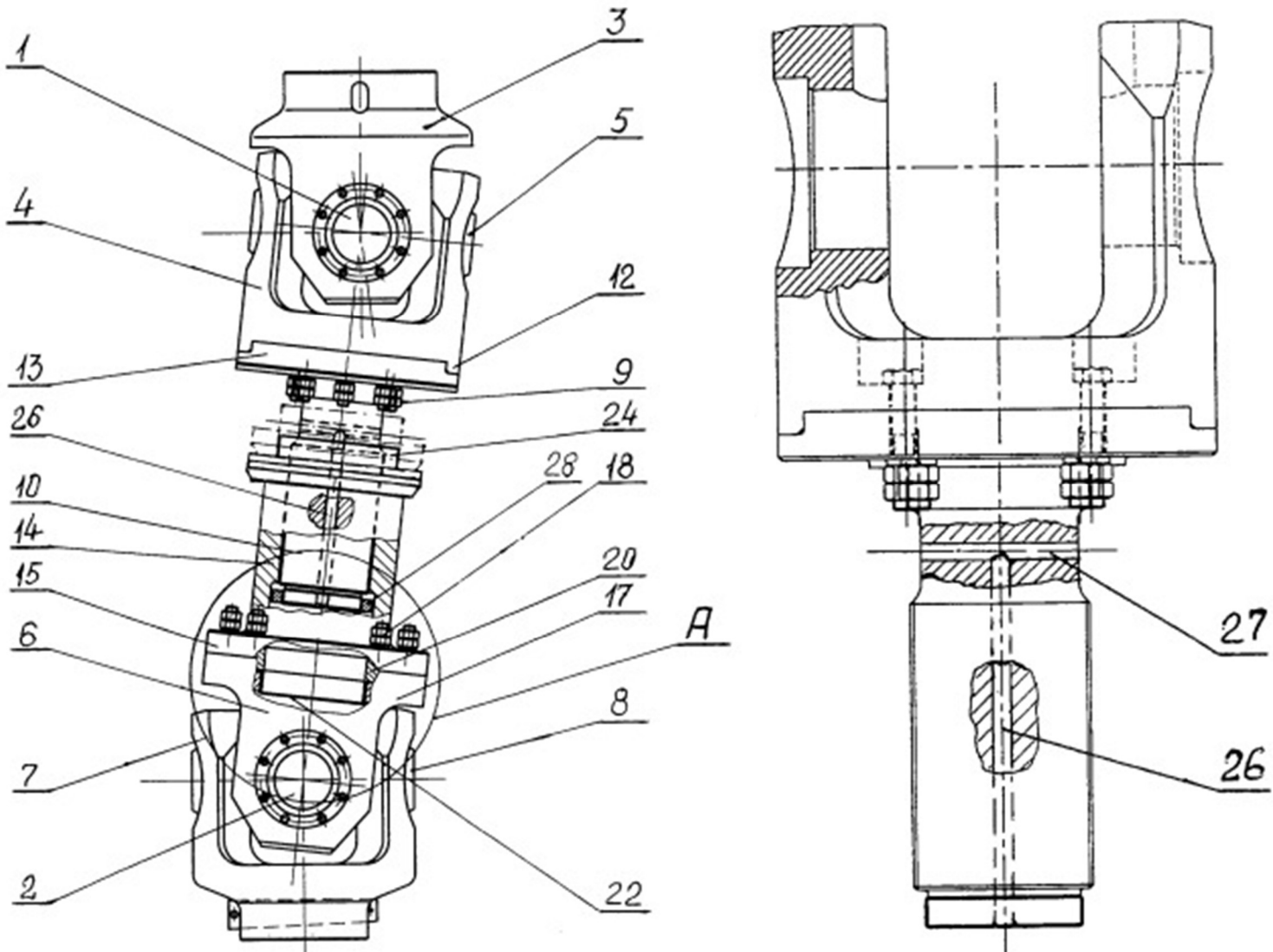


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд та вузол кріплення шліцевого валу.

Наступні розглянуті вальці призначені для перероблення термопластичних матеріалів [2].

Вальці містять станину 1, встановлені з можливістю обертання один назустріч одному два валки 2 і 3, бочки 4 яких утворюють міжвалковий проміжок 5, змонтовані по краях міжвалкового проміжку 5 обмежувальні стріли 6 і 7, а також пристрій 8 для знімання неперервної стрічки оброблюваного термопласту

(не показана) (Рисунок 3.2). У бочках 4 валків 2 і 3 з одного або обох (рисунок 6, А) країв міжвалкового проміжку 5 змонтовані нагрівачі 9. При цьому на одній або обох (рисунок 6, Б) ділянках розміщення нагрівачів 9 можуть бути змонтовані додаткові обмежувальні стріли 10.

Пропоновані вальці забезпечують майже весь цикл (крім подрібнення) перероблення відходів термопластів на одній одиниці технологічного обладнання.

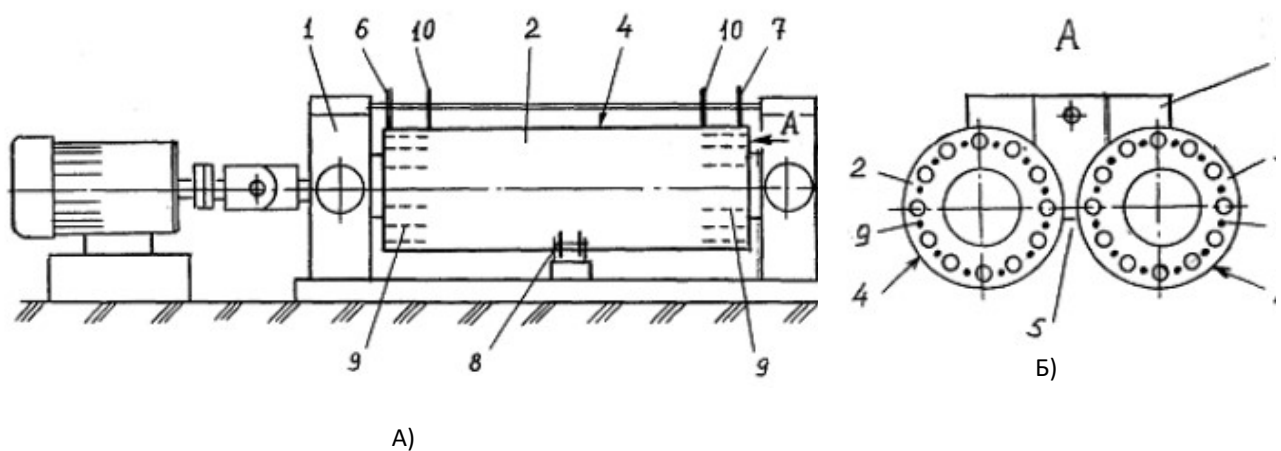


Рисунок 3.2 – Пропоновані вальці: А) вигляд спереду; Б) вигляд А

В основу корисної моделі [3] покладено задачу вдосконалити вальці для переробки термопластів, у яких нове конструктивне виконання круглих фрикційних шестерень забезпечує регулювання величини фрикції та її безступінчасту зміну протягом циклу переробки.

Це забезпечується тим, що у вальцях для переробки термопластів, що містять фундаментну плиту, дві станини, приводний електродвигун, редуктор, приводні зубчасті колеса, а також два валки, встановлені з можливістю обертання і споряджені круглими фрикційними шестернями, поперечний переріз посадочного місця фрикційної шестірні кожного валка виконано квадратним, а центральний отвір фрикційної шестірні - прямокутним, при цьому фрикційну

шестірню встановлено з можливістю переміщення в радіальному напрямку і фіксації в заданому положенні (Рисунок 3.3).

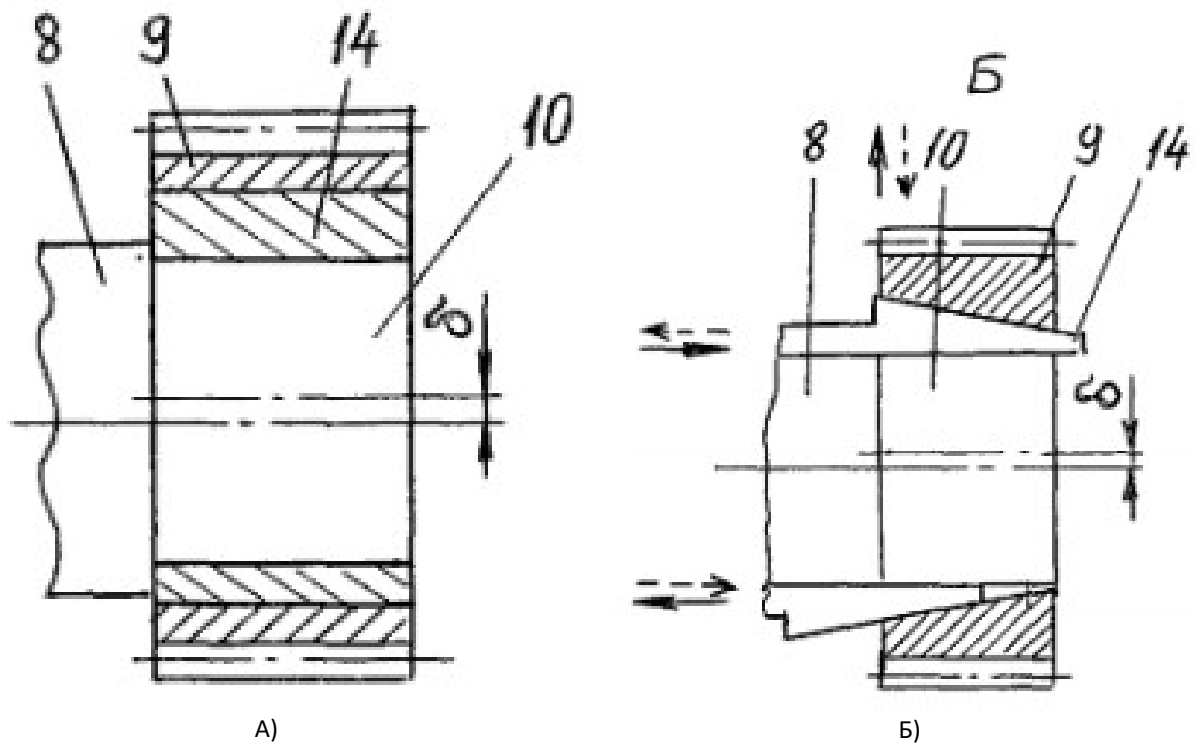


Рисунок 3.3 – Приклади виконання прокладок: А) призматичними; Б) клиновими

Патент [4] розглядає можливість забезпечення покращеної передачі осьового зусилля через поворотний шарнір (Рисунок 3.4).

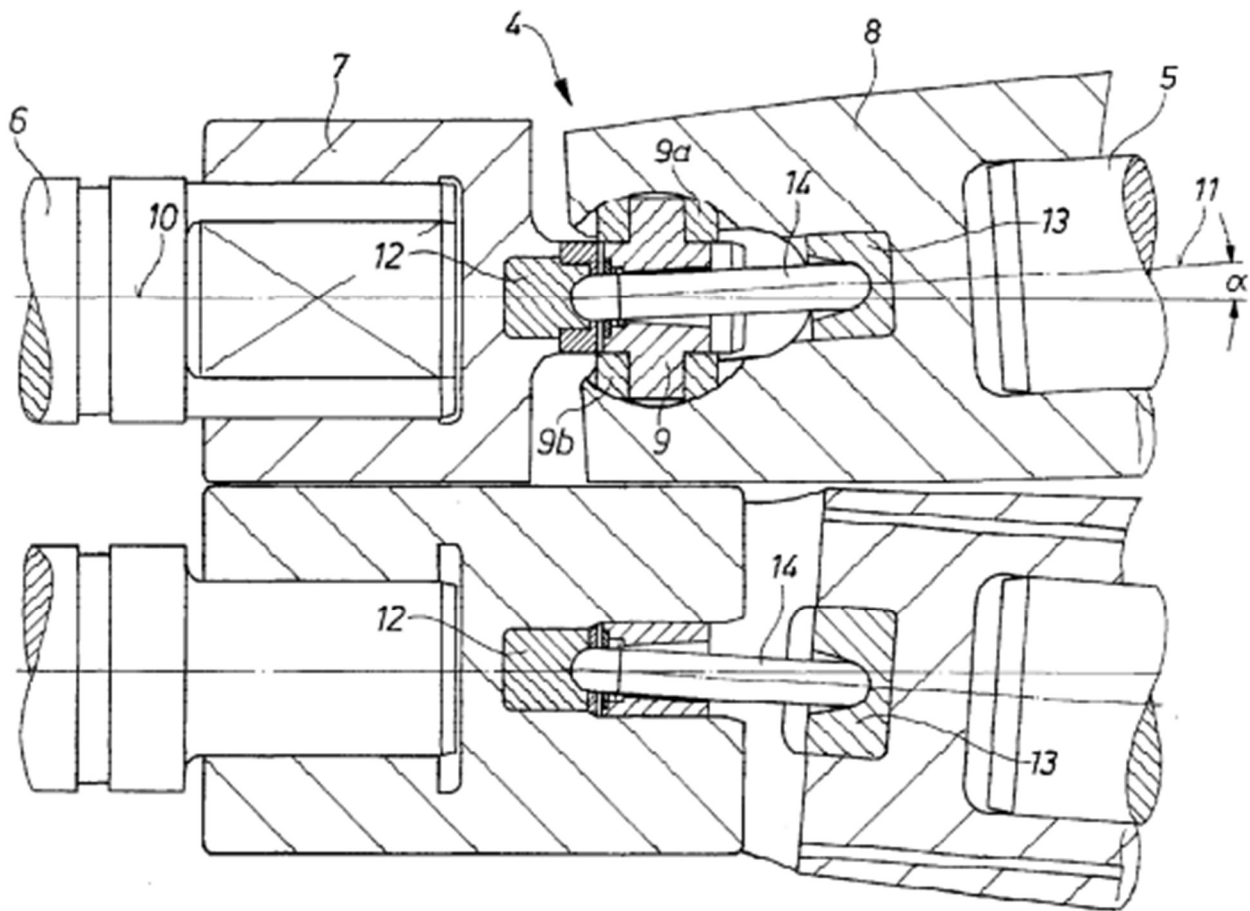


Рисунок 3.4 - Поворотні шарніри

Винахід відноситься до приводного шпинделя для головного приводу.

В ньому приводний шпиндель містить перший вал для передачі крутного моменту від двигуна приводу до муфтовий елементу, зокрема до багато клинового профілю, і другий вал для передачі крутного моменту від муфтового елемента, зокрема багато клинового профілю, через поворотний шарнір до валку прокатної кліті, при цьому поворотний шарнір включає тріф валка, з'єднаний з валком без можливості провертання, а також другу головку шпинделя, з'єднану без можливості провертання з другим валом, при цьому поворотний з'єднання між тріфами валка і головою шпинделя утворено кулісним каменем і цапфою, з'єднаної з головою шпинделя без можливості провертання, вісь обертання другого валу утворює з віссю обертання валка кут нахилу α , і між тріфами валка і головою шпинделя передбачений опорний елемент для сприйняття зусиль в осьовому напрямку другого валу і валка, і між обома опорними елементами

розташований штовхач для передачі осьового зусилля між тремами валка і головкою шпинделя.

Наступний патент [5] полягає в підвищенні продуктивності і полегшенні обслуговування валкових машин.

Поставлена задача вирішується тим, що у валкових машинах зі змінним положенням валків для переробки полімерних матеріалів і гумових сумішей в корпусах підшипникових вузлів встановлено по кілька ексцентричних втулок, оснащених механізмами повороту, причому одні з втулок встановлено між цапфами і внутрішніми кільцями підшипників, інші - між корпусами підшипників і їх зовнішніми кільцями.

Суть конструкції корисної моделі пояснюється на рисунку 3.5.

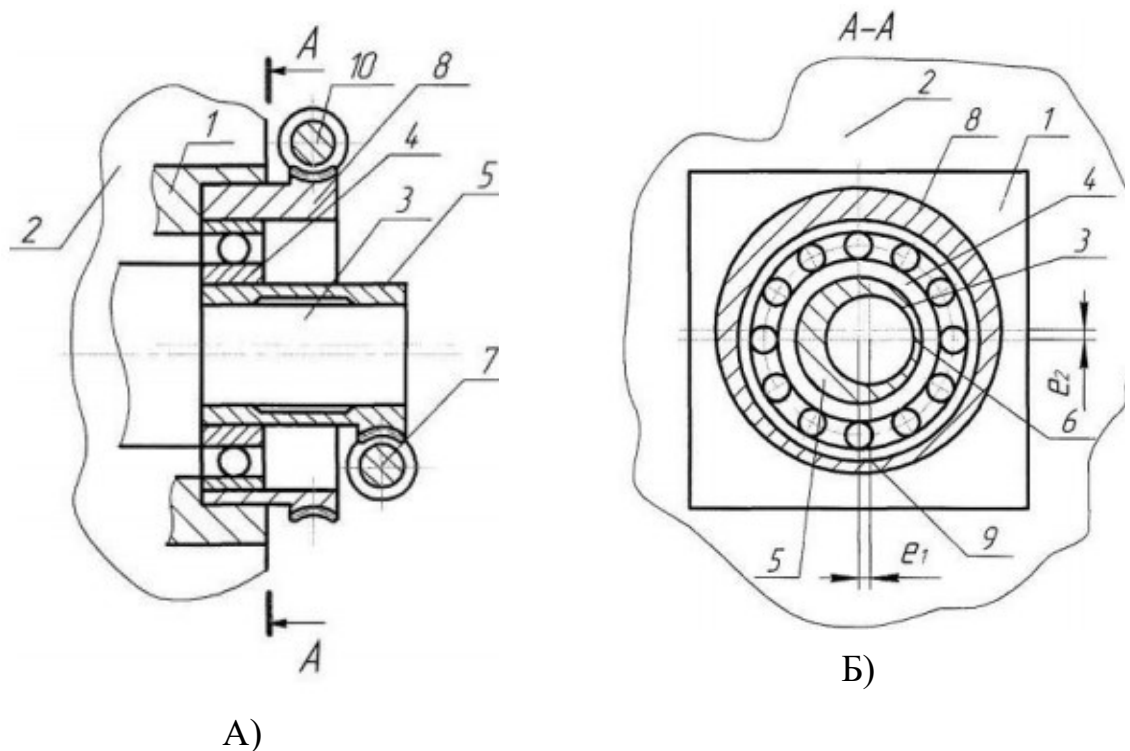


Рисунок 3.5 – Механізм повороту: А) механізм регулювання величини перехрещення валків; Б) переріз А – А

В основу корисної моделі [6] покладено задачу вдосконалити вальці, у яких їх нове конструктивне виконання забезпечує можливість регулювання фракції, що суттєво розширює технологічні можливості машини.

Поставлена задача вирішується тим, що у вальцях, що містять фундаментну плиту, дві станини, привідний електродвигун, редуктор, привідні шестерні, а також два валки, встановлені з можливістю обертання і спорядженні фрикційними шестернями, встановлена щонайменше одна додаткова пара фрикційних шестерень з іншим передаточним числом.

Фрикційні шестерні одного з валків закріплені на ньому нерухомо, а другого – з можливістю обертання незалежно від нього і взаємодії з ковзною шпонкою, розміщеною на другому валку з можливістю руху вздовж нього.

Виконання вальців із зазначеними відмітними ознаками забезпечують ступінчасте регулювання фрикції: залежно від положення ковзної шпонки на відповідному валку забезпечується його з'єднання з тією чи іншою фрикційною шестірнею (у той час як решта фрикційних шестерень у цей час обертаються незалежно від валка), а отже і потрібне значення фрикції між валками.

Схема корисної моделі пояснюється на Рисунок 3.6.

Пропонована корисна модель значно підвищує технологічні можливості вальців для переробки матеріалів на основі високомолекулярних сполук, але є відносно дорогою в виконанні та обслуговуванні.

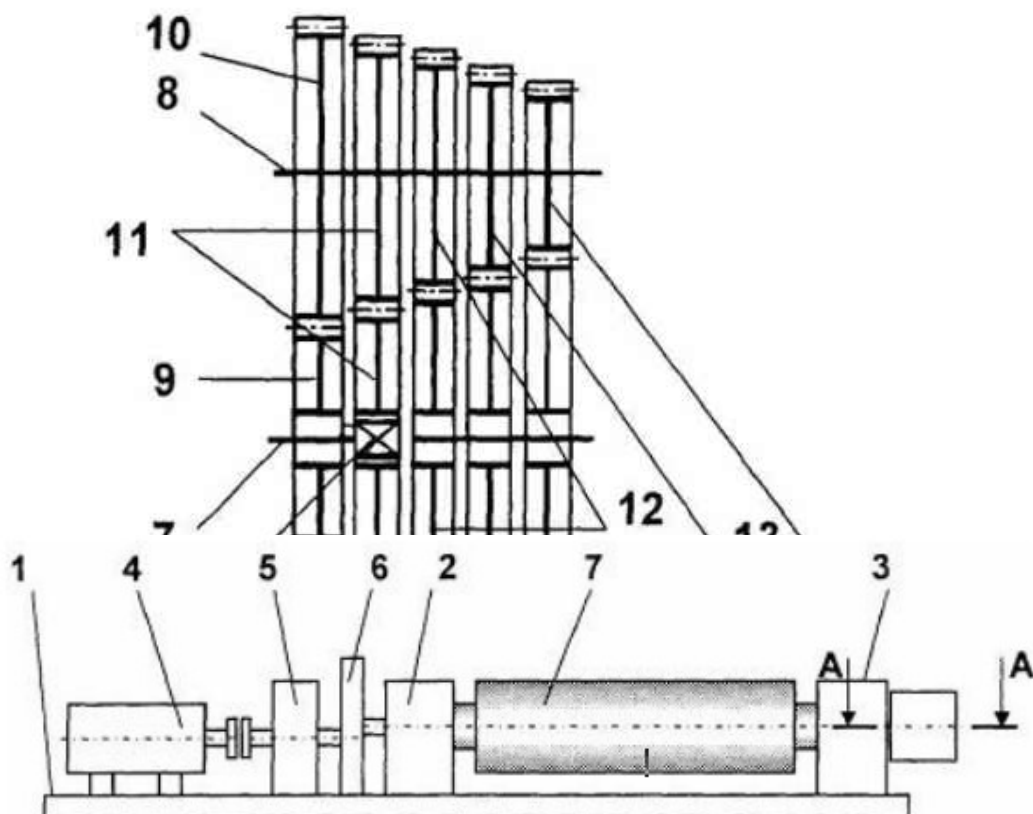


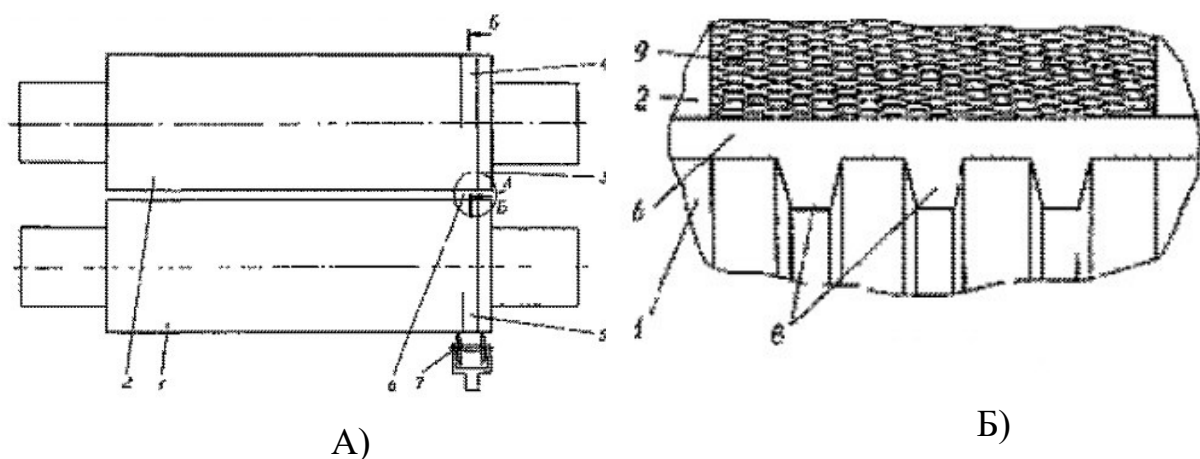
Рисунок 3.6 – Загальний вигляд вальців та розріз А-А

В основу корисної моделі [7] покладено задачу вдосконалення вальців для перероблення гумових сумішей, в яких нове виконання кільцевих ділянок валків забезпечило би одержання безперервної гумової стрічки з поверхнею, яка сприяє надійному живленню черв'ячної машини зазначеною стрічкою.

Поставлена задача вирішується тим, що у вальцях для перероблення гумових сумішей, що містять передній і задній валки, кожний з яких у місці знімання перероблюваної суміші у вигляді стрічки має щонайменше одну кільцеву ділянку з утворенням між кожною парою цих ділянок обох валків профільованого зазору, а також пристрій для знімання з переднього валка перероблюваної суміші, згідно з пропонованою корисною моделлю новим є те, що на одній з кожної пари кільцевих ділянок валків виконані проточки.

У найприйнятніших прикладах виконання вальців другу з кожної пари кільцевих ділянок валків споряджено дрібними рифленнями, а також кільцеві ділянки кожного валка виконані на закріплюваних на ньому знімних кільцевих секторах.

Сутність корисної моделі пояснюється Рисунок 3.7.



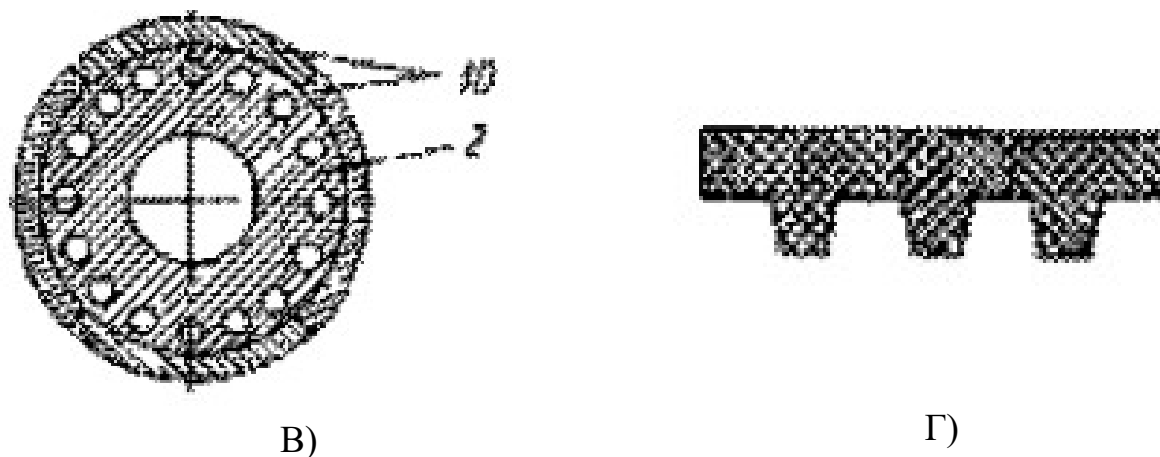


Рисунок 3.7 – Приклад виконання вальці: А) пропоновані вальці, вигляд з гори; Б) виносний елемент; В),Г) поперечні перерізи одержуваної гумової стрічки

3.3 Обґрунтування обраної модернізації

Для виконання модернізації, було вибрано патент [2] та [4], які забезпечують підвищення продуктивності за рахунок збільшення зносостійкості та спрощення процесу обслуговування універсального шпинделю.

Найбільш близьким технічним рішенням (прототипом) є універсальний шпиндель приводу вертикальних валків, що включає верхній і нижній універсальні шарніри Гука, з'єднані відповідно з вертикальним вихідним валом редуктора приводу валка і приводним хвостовиком валка. На нижній вилці верхньої петлі за допомогою торцевого фланцевого з'єднання з виступом і пазом закріплений вертикальний шліцьовий вал, з'єднаний з шліцьовій втулкою, закріпленої за допомогою того ж з'єднання на верхній вилці нижнього шарніра.

При зносі шліцьового з'єднання в ньому утворюються зазори, що приводять до збільшення ударів при захопленні смуги валками. Крім зниження надійності з'єднання, удари призводять до збільшення інтенсивності зносу вертикальних прокатних валків, їх поломок і підвищеної витрати валків.

Дана ціль досягається тим, що в універсальному шпинделі приводу вертикальних валів, що включає верхній і нижній шарніри Гука, з'єднані відповідно з вертикальним вихідним валом редуктора важелю приводу та приводним штоком валки, на нижній формі верхнього шарніра з використанням

фланцевого з'єднання з виступом і пазом закріплений вертикальний шліцевий вал, встановлений в шліцевій втулці, на нижньому кінці втулки виконаний фланець з діаметральним пазом, до якого його фланцем з діаметральним виступом прикріплений верхній я вилка нижнього шарніра, а у фланці цього вилки виконано центральне отвір, в фланці шліцевої втулки з нижньої і в підводі на фланці верхнього з'єднання нижнього шарніра виконані співвісні циліндричні шпунти, в яких встановлена центруючі кільця, в центральному отворі фланця верхнього вилка нижнього шарніра внизу нижньою герметично встановлений стакан, на верхній частині шліцевої втулки закріплений захисний кожух, у шліцевому валі виконано центральний глухий отвір, з'єднаний з радіальними отворами, виконаними так, що при крайньому нижньому положенні шліцевої втулки розташовані вище захисного кожуха, а при робочому положенні прокатного валка - вище її верхнього торця.

Додаткова модернізація забезпечує можливість регулювання довжини шліцевого валу. Ця модернізація описую модифіковане з'єднання між валками та приводом.

Застосування запропонованих рішень забезпечують підвищення надійності шпинделя, скорочення витрат валків, аварійних простоїв, підвищення його продуктивності, збільшення виходу виробів, підвищення точності і якості виробу.

4 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

Згідно закону про охорону праці України на нові машини, механізми, обладнання необхідно розробити нешкідливі і безпечні умови їх експлуатації обслуговуючим персоналом, необхідно оформити сертифікат на безпечну експлуатацію, згідно з встановленими зразками.

Технічне завдання дипломного проектування передбачає розрахунок і проектування вальців по виготовленню лінолеуму на підприємствах хімічної промисловості. Установку параметрів технологічного процесу і контроль здійснює оператор машини. Пульти оператора знаходяться в виробничому приміщенні безпосередньо біля лінії. Створення здорових і безпечних умов праці на підприємстві обумовлюють необхідність раннього виявлення шкідливих і небезпечних факторів, для того щоб на стадії проектування намітити заходи, які слід проводити для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу.

Вальці для виготовлення лінолеуму використовується для отримання суміші пластмаси яка використовується для виробництва лінолеуму.

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами при роботі і обслуговуванні машини є:

- повітря робочої зони;
- промислове освітлення;
- ураження електричним струмом;
- вплив рухомих і обертаючих деталей, механізмів і матеріалів;
- виробничий шум і вібрації;
- пожежна безпека.

Всі ці фактори є небезпечними і тому їх слід враховувати.

4.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів.

4.1.1 Електробезпека.

Вальці для виготовлення лінолеуму, що розробляється при роботі буде знаходитись в сухому приміщенні з нормальною температурою і вологістю повітря. Підлога приміщення залізобетонна, згідно ПУЕ відносить приміщення до приміщень з підвищеною безпекою.

На пульті управління машиніста напруга $U = 220 \text{ В}$, частота $f = 50 \text{ Гц}$, для привідних електродвигунів постійний струм, напруга $U = 440 \text{ В}$, для всіх інших двигунів змінний струм, напруга $U = 380 \text{ В}$, частота $f = 50 \text{ Гц}$. Тип електромережі – різноманітний із глухо заземленою нейтралю.

Основними причинами дії струму на людину являються:

- коротке замикання;
- випадкове притиснення або наближення на небезпечну відстань до струмоведучих частин;
- виникнення напруги на металічних частинах обладнання в результаті пошкодження ізоляції або помилкових дій персоналу;
- крокова напруга.

В зв'язку з цим основними заходами від пошкодження струмом є:

- ізоляція всіх дротів і кабелів ($R_M = 0.5 \text{ МОм}$, $H = 3.5 \text{ м}$);
- недосяжність до струмоведучих частин, $H \geq 3,5 \text{ м}$;
- електророзділення мережі за допомогою спеціальних розділяючих трансформаторів;
- захисне занулення;
- рубильники включення замкнені в спеціальних шафах;
- при роботі з електроінструментом, необхідно застосовувати індивідуальні захисні засоби, такі як діелектричні рукавички і калоші, гумові килимки, ізольовані підставки.

Забороняється:

- проводити роботи на незаземлених вузлах вальців;
- робити розборку і ремонт вальців без вимкнення електричної мережі;
- допускати удари металічними предметами, щоб запобігти іскроутворенню;

- зварювальні роботи;
- залишати лінію, що працює без нагляду;
- допускати до роботи людей, які не пройшли навчання і перевірку знань по питанням охорони безпеки та експлуатації обладнання на якому працюють.

4.1.2 Небезпека впливу рухаючих і обертаючих частин.

Обертаючими механізмами в лінії являються валки , муфти, шестерні, матеріал що переробляється , вали. Ці механізми є небезпечними, так як можливе нанесення механічних травм людині. Для попередження травм використовують огороження (кожухи), шестерні і вали прикриті корпусами. Так як валки не можливо закрити огороженнями використовуються аварійні штанги , які при натисненні на них ногами чи руками зупиняють головний електродвигун і здійснюють аварійне роздвинення валків на 55мм . Так як на приводному двигуні відсутні гальма зупинка здійснюється електродинамічно за допомогою самого ж двигуна . Допустимо-максимальний шлях зупинки валка $\frac{1}{4}$ оберту .

4.1.3 Промислове освітлення.

Каландр знаходиться в зачиненому приміщенні загальною площиною не менш 1500 м² і об'ємом 3800 м³. Робота валків здійснюється в дві (три) зміни двома обслуговуючими операторами. Так як приміщення без віконних проїомів, то під час роботи освітлення штучне.

Характеристика зорових робіт – найменший об'єкт різниці має розмір що може бути розглянуто більше 1мм. Характеристика фону – світлий, контраст об'єкта різниці з фоном – великий. Виходячи з вимог норм освітлення приміщення ДБН В.2.5-28-2006 в приміщенні встановлено 300 ламп типу ЛОУ з люмінесцентними лампами типу ЛД – 80 – 4, що буде давати освітлення $E_{\phi} = 200$ лк. Так як $E_{\phi} > E_n = 150$ лк, то освітлення приміщення

відповідає нормам ДБН В.2.5-28-2006. Три лампи розташовані безпосередньо біля валків на штангах .

4.1.4 Шум і вібрація.

Джерелом шуму при роботі вальців є:

- приводний електродвигун;
- допоміжні електродвигуни;
- редуктор;
- вентилятори і система охолодження;
- валки;
- лускіт гуми ;

В результаті замірів при експлуатації обладнання значення шуму 72 дБА, а нормативне значення по ДСН 3.36.037 – 99 складає 75 дБА []. Це означає приймання наступних обмежень захисту від виробничого шуму:

- змазка всіх поверхонь, що труться, також наявність прокладочних матеріалів;
- застосування захисних кожухів.

Джерелом вібрації являються: електродвигун і обертаючі частини вальців.

Зусилля вібрації починається з неточності установки обертаючих частин, з нещільного з'єднання корпусів обертаючих частин до фундаменту.

У даному випадку спостерігається технологічна вібрація, яка переходить через опорні поверхні на оператора. Робітник слабо піддається вібрації, бо знаходиться далеко від основи машини – біля пульта управління. Таким чином спільна вібрація не діє на організм оператора. Рівень технологічної вібрації в виробничому приміщенні не перевищує 90 дБ при частоті 4 Гц, що відповідає ДСН 3.36.039 – 99.

Зниження вібрації досягається прийманням наступних мір:

- шляхом установки каландра на фундамент;
- за рахунок використання амортизаторів;

- за рахунок додаткових ребер жорсткості;
- покриття корпусів редукторів: жорстких, металічних, на основі алюмінію (тому що спостерігаються вібрації низьких частот).

Сумарний час роботи в контакті з вібрацією не перевищує 2/3 робочої зміни. Тривалість неперервної дії вібрації не перевищує 15 – 20 хв. При такому режимі обідня перерва не менше 40 хвилин.

4.2 Повітря робочої зони.

4.2.1 Вентиляція.

Робота оператора по обслуговуванню вальців відноситься до категорії легких робіт по ДСН 3.3.6.042 – 99.

Енерговитрати людини в цеху досягають 170 ккал/г (194 Дж/с). Так як в процесі роботи вузли вальців піддаються інтенсивному охолодженню водою та нагріванню паром, то робочі поверхні нагріваються не вище 80°C. Допустимі і фактичні параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні зводимо в **Помилка! Джерело посилання не знайдено.**

Таблиця 4.1

Період Року	Категорія роботи – легка				
	Температура, °C		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря
	Опт.	Факт.	Опт.	Факт.	м/с
Холодний або перехідний	19÷21	20÷23	60÷40	65÷45	0,2
Теплий	21÷23	22÷25	60÷40	65÷45	0,2

Фактичні параметри умов відповідають нормам ДСН 3.3.6.042 – 99 і забезпечуються наступними заходами:

- в холодну пору року підігрів приміщення повітряними притоками де повітря нагрівається за допомогою калориферів в яких циркулює пара , яка нагріта до температури $120 \div 140^{\circ}\text{C}$;
- в теплу пору року – вентиляцією через верхні пройоми.

Під час роботи вальців відбувається виділення токсичних речовин – газів, пилу з поверхонь гуми , що надходить в розігрітому стані на валки каландра. Для видалення цих шкідливих компонентів встановлена місцева вентиляція, в цеху встановлена також загальнообмінна вентиляція (ГДК – $6 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$).

В залежності від технологічного процесу компонентами для отримання лінолеуму можуть бути, окрім ПВХ , різноманітні інгредієнти та барвники (близько 20).

Мінімальна кількість повітря, яку необхідно подати для розбавлення токсичних газів або парів над завантажувальною воронкою до безпечної концентрації допустимої ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 знаходимо за формулою

$$J = \frac{Y \cdot 10^3}{G \cdot C_0}, \text{м}^3/\text{с}.$$

Ефективна робота зонта можлива лише в тому випадку, якщо об'єм течії що надходить повітря менше об'єму повітря що виводиться.

Розміри вхідного отвору зонта більше розмірів джерела. Для надійності роботи зонта необхідно, щоб вертикальний шлях між кромкою зонта і верхньою кромкою накритого осередку виділення шкідливих речовин був мінімальним.

Габарити зонта знаходимо:

висота підвісу зонта H приймається в границях $1,6 \div 1,8$ м;

$$H = 1,7 \text{ м};$$

розміри прямокутного зонта в плані визначаємо з виразу:

$$A = a + 0,8h;$$

$$B = b + 0,8h;$$

a, b – сторони поверхні, що перекривається, м;

h – відстань від пазу зонта до поверхні, що перекривається, м;

$$h = 2 \text{ м},$$

$$A = 1,785 + 0,8 \cdot 2 = 3,475 \text{ м.}$$

$$B = 1,5 + 0,8 \cdot 2 = 3,1 \text{ м.}$$

кут зачинення зонта φ маємо приймати не більше 60° (в цьому випадку осьова швидкість в перерізі зонта близька до середньої по всьому перерізу зонта).

Повна висота зонта

$$h_3 = \frac{A - D}{2 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} + h_6, \text{ м;}$$

де $D = 0,5$ м – діаметр витяжної труби;

$h_6 = 0,3$ м – висота борту;

$$h_3 = \frac{3,475 - 0,5}{2 \operatorname{tg} \frac{60}{2}} + 0,3 = 2,88 \text{ м;}$$

приймаємо

$$h_3 = 3 \text{ м.}$$

Об'єм повітря, що видаляється витяжною трубою від зонтів

$$J_3 = 3600 \cdot F \cdot V_0, \text{ м}^3/\text{с};$$

де F – площа розрахункового перерізу, м^2

$$F = 3,475 \cdot 3,1 = 6,575 \text{ м}^2,$$

$V_0 = 0,5$ м/с – середня швидкість в розрахунковому перерізі зонта,

$$J_3 = 3600 \cdot 6,575 \cdot 0,5 = 11853 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Розвинутий повний тиск $H = 65$ Па.

Приймаємо осьовий вентилятор МЦ-9:

продуктивність якого $J_b = 12000 \text{ м}^3/\text{Г}$,

розвинутий повний тиск $H_b = 65$ Па,

кількість обертів колеса $n = 1480$ об/хв,

КПД $\eta = 0,48$.

4.2.2 Вибір електродвигуна.

Необхідна потужність на валу електродвигуна знаходиться за формулою

$$N = \frac{J_v \cdot H_v}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_v \cdot \eta_n},$$

де $J_v = 12000 \text{ м}^3/\text{г}$ – продуктивність вентилятору;

$H_v = 65 \text{ Па}$ – створений вентилятором тиск;

$\eta_v = 0,48$ – КПД вентилятора;

$\eta_n = 0,78$ – КПД передачі;

$$N = \frac{12000 \cdot 65}{3600 \cdot 102 \cdot 0,48 \cdot 0,78} = 5,67 \text{ кВт}.$$

Потужність електродвигуна N_d розраховується з коефіцієнтом запасу 1,5

Приймаємо електродвигун потужністю $N = 8,5 \text{ кВт}$ з кількістю обертів $n = 1480 \text{ об/хв}$. Вентиляція забезпечується ДБН В.2.5-67:2013.

Для відводу шкідливих речовин над завантажувальним бункером встановлюємо витяжний зонт. Для нього характерно те, що між джерелом і приймачем є захищений від навколишнього середовища простір. Параметри (хімічний склад) відповідають ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008.

4.3 Пожежна безпека.

В виробничому цеху, де працюють вальці може спалахнути: промаслене ганчір'я, машинне масло, електропроводка, електрообладнання, матеріали, які завантажуються в каландр.

На основі цього: приміщення, де знаходиться лінія відноситься до категорії „В” ДСТУ Б В.1.1-36:2016, і класу зони П-Ia (ПУЕ:2017).

Це виробництво в якому використовуються рідини з температурою спалаху вище 61°C і горючі пили або волокна, нижня границя займання яких більше 65 мг/м^3 , тверді речовини і матеріали, що займаються, які здатні лише горіти, але не вибухати при контакті з повітрям, водою або один з одним.

Причини пожежі:

- струм, перевантаження, великі перехідні опори;

- несправність електрообладнання;
- іскри при електро- і газозварювальних роботах.

Заходи по попередженню пожежі передбачають вибір негорючих матеріалів, а також організаційні заходи.

В якості засобів гасіння пожежі використовують вуглекислотні вогнегасники ОУ-8, 2 пожежні щити і 2 ящики з піском.

В час виникнення пожежі передбачена пожежна сигналізація – теплові оповіщуючі пристрої типу ДТП. Інформація від оповіщуючів надходить в приймальну станцію. При виникненні пожежі, люди повинні залишити приміщення. Відповідно до ДБН В.2.2-28:2010 в приміщенні знаходяться два евакуовиходи. Сам цех – це приміщення, яке розташоване на першому поверсі. Ширина шляхів евакуації не менше одного метру, а дверей на шляху евакуації – не менше 0,8 м.

5 СТАРТАП ПРОЕКТ

В даному розділі проводимо маркетинговий аналіз стану ринку для стартап проекту та можливості реалізації продукції для потенційних партнерів та покупців. Було виконано наступні пункти щоб продемонструвати доцільність проекту.

5.1 Опис ідеї проекту

Основною ідеєю є впровадження модернізованого обладнання на підприємствах що використовують лінії виробництва лінолеуму, продаж модернізованого обладнання. Заохоченням до співпраці буде зменшення витрати підприємств на експлуатацію. Також можливе застосування даної модернізації не лише на лініях виробництва лінолеуму, а й на інших лініях що використовують валкові машини, не обмежуючись продуктами з ПВХ.

Також є потенціал в запровадженні, як стандарту на виробництвах, здійснення обрахунків за допомогою програмного забезпечення в тих випадках, коли є можливість їх реалізації та в разі задовільної точності результату.

В разі знаходження потенційних інвесторів, також можливо створення власного підприємства з здійснення індивідуальних замовлень на виготовлення лінолеуму. Опис ідей здійснено в Таблиця 5.1.

Таблиця 5.1 Опис ідеї стартап-проекту

Зміст	Напрямок застосування	Вигода	Відмінність
Модернізація приводу	Виробництво, продаж	Економія на ремонті, матеріалі	Модернізований шліцевий вал
Модернізація приводу	Виробництво, продаж	Економія на ремонті, матеріалі	Принципово інший тип з'єднання шліців
Розрахунок за допомогою ПЗ	Розрахунок міцності	Економія часу та ресурсів	Використання перевірених програмних засобів замість ручних обрахунків
Індивідуальне виробництво	Інтер'єр будівель, масових заходів, транспортних засобів	Індивідуальні замовлення приносять більший дохід	Виготовлення продукту відмінного від стандартних масових продуктів

5.2 Аналіз техніко-економічних показників

Техніко-економічний аналіз потенційних переваг ідеї показав чим відрізняється проект від існуючих аналогів чи замінників. Порівняно з дійсними пропозиціями на ринку передбачає: впровадження модернізацій приводу та нової моделі обрахунку; визначення основного кола конкурентів; проводиться порівняльна статистика показників; для власного виробництва визначаються показники, що мають як і гірші значення, аналогічні та кращі значення, наведено в Таблиця 5.2 .

Таблиця 5.2 Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик

Характеристика	Слабка	Нейтральна	Сильна
Модернізація шліцевого валу	Витрати на виготовлення	Деякі частини залишаються стандартними	Менша ступінь зношування
Модернізація з'єднання	Витрати на виготовлення	Деякі частини залишаються стандартними	Менша ступінь зношування
Розрахунок за допомогою ПЗ	Витрата на купівлю ліцензованого програмного забезпечення та ЕОМ		Збільшення швидкості обрахунків та тестування
Індивідуальне виробництво	Більші витрати на підготовку	Однакова витрата матеріалу	Більший прибуток в розрахунок на продукт

Важливим фактором також є спроможність надати конкурентні переваги на ринку. Для цього при проведенні його аналіз розглядають основні виробники, як українські так і зарубіжні, новації в індустрії а також наявність стартапів зі схожим напрямом. Результати заносимо в Таблиця 5.3.

Оскільки даний напрям не користується великим попитом на ринку, тому впровадження іновацій в цій галузі проводяться досить рідко. З таких же причин за останні роки не було знайдено інформації про стартапи в даній галузі чи новітні проекти що набули популярності на виробництвах як і лінолеуму так і схожих за структурою виробничих ліній.

Таблиця 5.3 Порівняння з конкурентами

Характеристика	Стартап	ТАРКЕТТ ВІНІСІН, ТОВ	Лінопласт, ТОВ	Beaulieu International Group
Місцезнаходження	Максимум 50км від м. Київ	м. Калуш	м. Київ	Інтернаціональна
Іноваційність	Початок виробництва з модернізованим обладнанням	Інформація відсутня	Жодних іновацій з 2013 року	Інформація відсутня
Індивідуальне виробництво	Основний вид виробництва на початок запуску підприємства	Не пропонується	Не пропонується	Не пропонується
Присутність на ринку	Початок в Україні з наступним виходом на міжнародні ринки	Україна	Україна	Більш ніж в 40 країнах світу

5.3 Аудит ідеї проекту

При будь-якій розробці нового продукту чи впровадженні модернізацій мають місце обмеження для входу на ринок. Оскільки галузь в нашій країні не є досить розповсюдженою, не має певного національного виробника що керує ринком. Це дає простір для легкого входу на терени ринку і створення власного асортименту.

Підприємство має мати власні специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації, оскільки аналогічного обладнання немає, а його виробництво і подальша підтримка вимагають це. Надалі потрібно визначити потенційні групи клієнтів, для яких будуть поставлятися товари чи устаткування, розглянуто в Таблиця 5.4. Доцільно буде працювати з усіма наведеними групами задля збільшення результативності виробництва, а саме завдяки отриманню досвіду роботи з кожною з груп, вирішення різноманітних поставлених задач і відповідно отримання доходу від продаж. З початком виробництва потрібно буде освоювати ринки збуту. Наприклад для деяких категорій підійдуть роздрібні магазини, для підприємств більш доцільне партнерство з великими

торгівельними брендами будівельних матеріалів, тому напрямок в співпраці з ними буде значний.

Таблиця 5.4 Потенційні групи клієнтів

Група	Вимоги до товару	Базова потреба	Особливості експлуатації	Особливості купівлі
Студенти	Мінімальна вартість та максимальна відмінність	Виконання функції покриття підлоги	Гуртожиток, рідше квартира	Детальний огляд матеріалу товару, рисунку, якості виготовлення
Середній клас	Естетичний вигляд	Інтер'єр	Квартира чи будинок, мінімальний впливу на поверхню	Зовнішній вигляд, швидкість виготовлення
Підприємства	Форма, зносостійкість	Термін служби	Офіси, торгові зали, ХоРеКа	Масивні замовлення
Заводи	Універсальність, зносостійкість	Тривалість експлуатації	Виробничі лінії	Можливість ротрочки

Для заводів які робитимуть замовлення на обладнання, потрібно буде налагодити безпосередньо прямий контакт завод-завод, використовуючи менеджерів для його налагодження.

Левову частку цієї справи можна вирішити за допомогою веб сайту. На ньому зручно буде створювати особистий дизайн лінолеуму, підбирати матеріали по параметрам та розмірам виріб. В окремому розділі зручно буде залишити інформацію про обладнання та його проектування.

5.4 Результуючі висновки

Провівши аналіз і виявивши що ринок перебуває в стадії застою, очевидним стає доцільність такої модернізації та запуск підприємства.

Основною проблемою залишається пошук інвесторів, оскільки більшість інвесторів вкладають кошти в вже стабільні і потужні виробництва або в галузі які є передовими і мають великі ризики. Рішення проблеми є розробка детального бізнес плану та розміщення стартапу на платформах добровільних зборів коштів.

6 АВТОМАТИЗАЦІЯ

Якість гумової суміші, отримуємо при вальцюванні залежить від правильно обраного технологічного режиму процесу переробки, насамперед її температури, недоліки базової машини, в якій використовувалися порожнисті валки не дозволяли здійснити ефективне автоматичне регулювання процесу вальцювання. Модернізація конструкції валків забезпечила можливість для створення дієвої схеми автоматизації.

Задачами цієї схеми, окрім регулювання температури, являються також:

- вимірювання розпірних зусиль, що сприймаються під час вальцювання підшипниками;
- вимірювання температур підшипників, та попередження про їх перегрів;
- забезпечення можливості екстреної зупинки привода вальців при натисканні на штангу аварійного пристрою;

6.1 Контур регулювання температурного режиму валків

Основною задачею керування процесом вальцювання є регулювання температури.

При змішуванні внаслідок дисипації роботи деформування виділяється значна кількість тепла, що може призвести до перегріву суміші, для усунення цього використовується система охолодження валків, в їх периферійні отвори подається охолоджуюча вода, температура якої повинна регулюватися таким чином, щоб забезпечувався заданий температурний режим.

В зв'язку з тим, що безпосереднє вимірювання температури поверхні валків є задачею що досить складно піддається реалізації, оскільки по-перше валки неперервно обертаються, а по-друге поверхня їх суцільно покрита гумовою сумішшю, то при реалізації теплової автоматики застосовується непрямий спосіб виміру температури.

Його сутність: в процесі вальцювання вимірюється не температура валків, а температура на виході теплоносія. Знаючи постійний перепад між температурою поверхні валка і температурою теплоносія, можливо досить точно визначати заданий температурний режим і підтримувати його з точністю до $+$.

В якості теплоносія використовується вода з водопровідної мережі, яка підводиться в валок за допомогою спеціального пристрою (барботеру), теплоносій поступає до отворів, розташованих у поверхні валка, охолоджує його і виводиться крізь інший отвір барботера.

Температура води вимірюється термоелектричними термометрами 5а, 6а. В якості термоелектричного перетворювача використовується пристрій ТХА-0515, електричний сигнал від якого потрапляє на електронний потенціометр з пневматичним регулюючим пристроєм КСП-3, мод.1800-поз.5б, 6б, який перетворює термо-ЕДС термопари в пропорційний вихідний сигнал тиску повітря, який крізь пневматичну панель ПП12.2-поз.5в, 6в, на мембранний виконавчий пристрій-поз.5г, 6г, який здійснює регулювання розходу таким чином, щоб його температура на виході залишалася постійною.

Разом з непрямым способом виміру температури періодично використовується і вимір температури валків контактним способом за допомогою лучкової (поверхневої) термопари-поз. 4а.

Лучкова термopapa складається з двох роликів, закріплених на стрижні, з'єднаним з ручкою ("лучком"). На ролики натягнута вузька стрічка з двох різнорідних металів, запасених в одному місці. При вимірі температури термopapu щільно притискають поверхнею спаю до валка. Щільне огортання стрічкою поверхні валка досягається за рахунок пружини. В момент притискання сплаву до валка виникає електрорушійна сила, що вимірюється мілівольтметром 4б. Мілівольтметр проградуировано в градусах Цельсія.

6.2 Вимір розпирних зусиль

Під час вальцювання підшипники валків сприймають значні за величиною розпирні зусилля, величини яких повинні контролюватися оператором з метою

недопущення порушень умов перебігу технологічного процесу та виходу з ладу обладнання.

Розпірні зусилля вимірюють за допомогою спеціальних пристроїв, що називаються месдозами, які встановлюють між регулюючим гвинтом та корпусом підшипника валка-позиції-2а, 3а. Месدوزи-гідравлічного типу поршневої конструкції.

Принцип їх дії: розпірне зусилля від упорного гвинта передається на плунжер, масло в системі і далі-на корпус месدوزи. Тиск масла змінюється, що фіксується манометрами поз.2б,3б.

6.3 Схема сигналізації

Схема технологічної сигналізації призначена для оповіщення оператора про порушення нормального ходу технологічного процесу-перевищення допустимої температури підшипників.

Поява попереджувальних сигналів вказує оператору на необхідність прийняття певних мір для запобігання можливого аварійного режиму.

Технічно система сигналізації реалізується за допомогою автоматичного електронного потенціометру КСП-4 з обігаючою системою контролю та сигналізації, поз.1д.

Система складається з 4 датчиків температури поз.1а,1б,1в,1г, що вимірюють температуру кожного з підшипників та автоматичного обігаючого пристрою, що забезпечує чергове підключення до приладу вимірювальних елементів та ланцюгів сигналізації. Ланцюги сигналізації містять контакти, що замикаються при значенні струму на виході з КСП-4, що відповідає допустимому значенні температури підшипників. В цьому випадку відбувається замикання відповідного ланцюгу сигналізації і по горінню відповідної лампи оператор може визначити, температура якого з підшипників вища за допустиму. Ланцюг замикається через електричний дзвоник, поз.1л, що забезпечує дублювання світлового сигналу звуковим.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

1. Магістерська дисертація виконана згідно з темою: «Лінія виробництва лінолеуму з модернізацією приводу вальців»
2. Здійснено проектування вузла універсального шпинделя.
3. Магістерська дисертація містить вступ, опис конструкції вальців та його характеристику, літературно-патентний пошук, стартап проект, розробка вузла конструкції системі AutoCAD, автоматизацію, розрахунки базової конструкції вальців.
4. Запропонована та розрахована модернізація, відібрано патент, метою якого є підвищення надійності шпинделя, скорочення витрат валків, аварійних простоїв обладнання, підвищення його продуктивності, збільшення виходу придатної продукції, підвищення точності і якості вихідної продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Автоматизированное проектирование валковых машин для переработки полимеров / Ю.Е. Лукач, Л.Г. Воронин, Л.И. Ружинская и др. – Киев: Техника: 1988. – 208 с.
2. Лукач Ю.Е., Рябинин Д.Д., Метлов Б.Н. Валковые машины для переработки пластмасс и резиновых смесей. – М.: Машиностроение, 1967. – 296 с.
3. Виконання економічної частини дипломного проекту для студентів хіміко-машинобудівних спеціальностей: Методичні вказівки / Уклад. А.Е. Розенплентер, Т.В. Панішева – К.: КПП, 2005. – 28 с.
4. Мікульонок І.О. Основи інтелектуальної власності: Навч. посібник. – К.: Видавництво «Політехніка» 2002. – 160 с.
5. Оформление графической документации: Методические указания / Сост. В.Н. Яременко. – К.: КПИ, 1987. – 60 с.
6. Практикум із охорони праці: Навч. посіб. / В.Ц. Житецький, В.С. Джигирей, В.М. Сторожук та ін.; За ред. В. Ц. Житецького. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.
7. Ткачук К.Н. Справочник по охране труда на промышленном предприятии. – К.: Техника, 1991. – 285 с.
8. Требования к оформлению текстовой документации: Метод. указания / Сост. В.А. Марчевский. – К.: КПИ, 1989. – 64 с.
9. Шкатов Е.Ф., Шувалов В.В. Основы автоматизации технологических процессов химических производств. – М.: Химия, 1988. – 304 с.
10. Корольов А.А. Прокатні стани і устаткування прокатних цехів. атлас, видання друге. М., "Металургія", 1981. – 124 с.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1- Патентно-літературний пошук

№ п.п	Предмет пошуку	№ свідоцтва, МПК, країна, організація, автор	Суть заявленого технологічного рішення та ціль його створення
3.	Універсальний шпіндель	№RU2222391C2, МПК B29B7/22, E17L35/86 В.Д. ПлахтинВ.Ф. МодеевВ.М. МедведевВ.С. СмирновС.В. Ильин	Авторами задачу вдосконалити універсальний шпіндель, що забезпечує підвищення надійності шпинделя, скорочення витрат прокатних валків, аварійних простоїв прокатного стану, підвищення його продуктивності, збільшення виходу придатного прокату, підвищення точності прокатки і якості прокочуються смуг.
4.	Вальці для перероблення термо- пластичних матеріалів	Україна Авторське свідоцтво № u200509568, кл. B29B 7/56, 7/62, 7/82, 2006 рік Мікульонок І.О., Ружинська Л.І.	В основу корисної моделі покладено задачу вдосконалення вальців для перероблення термопластичних матеріалів, у яких їх нове конструктивне виконання, зокрема кінцевих ділянок бочок валків, забезпечує можливість живлення вальців сировиною без попереднього підігріву, її наступне плавлення, гомогенізацію й видалення з вальців у вигляді неперервної стрічки для подальшого її використання або живлення нею іншого технологічного обладнання, наприклад, черв'ячного екструдера. Поставлена задача вирішується тим, що у ва-льцях для перероблення термопластичних матеріалів в бочках валків щонайменше з одного краю міжвалкового проміжку змонтовані нагрівачі.
5.	Вальці для переробки термо-пластів	Україна Заявка № u200603173, кл. B29B 7/56, 7/02, 7/30, 2006 рік Мікульонок І.О.	В основу корисної моделі покладено задачу вдосконалити вальці для переробки термопластів, у яких нове конструктивне виконання круглих фрикційних шестерень забезпечує регулювання величини фрикції та її безступінчасту зміну протягом циклу переробки. Поставлена задача вирішується тим, що у ва-льцях для переробки термопластів поперечний переріз посадочного місця фрикційної шестірні кожного валка виконано квадратним, а центральний отвір фрикційної шестірні - прямокутним, при цьому фрикційну шестірню встановлено з можливістю переміщення в радіальному напрямку і фіксації в заданному положенні.

6.	Вальці для перероблення гумових сумішей	<p>Україна Авторське свідоцтво № u2002010253, кл. B29B 7/56, 2002 рік Мікульонок І.О., Біденко В.Д., Сезонов М.В., Доценко І.М..</p>	<p>В основу корисної моделі покладено задачу вдосконалення вальців для перероблення гумових сумішей, в яких нове виконання кільцевих ділянок валків забезпечило би одержання безперервної гумової стрічки з поверхнею, яка сприяє надійному живленню черв'ячної машини зазначеною стрічкою. Поставлена задача вирішується тим, що у ва-льцях для перероблення гумових сумішей новим є те, що на одній з кожної пари кільцевих ділянок валків виконані проточки.</p>
7.	Вальці для перероблення термо-пластичних матеріалів	<p>Україна Авторське свідоцтво № u200509568, кл. B29B 7/56, 7/62, 7/82, 2006 рік Мікульонок І.О., Ружинська Л.І.</p>	<p>В основу корисної моделі покладено задачу вдосконалення вальців для перероблення термопластичних матеріалів, у яких їх нове конструктивне виконання, зокрема кінцевих ділянок бочок валків, забезпечує можливість живлення вальців сировиною без попереднього підігріву, її наступне плавлення, гомогенізацію й видалення з вальців у вигляді неперервної стрічки для подальшого її використання або живлення нею іншого технологічного обладнання, наприклад, черв'ячного екструдера. Поставлена задача вирішується тим, що у ва-льцях для перероблення термопластичних матеріалів в бочках валків щонайменше з одного краю міжвалкового проміжку змонтовані нагрівачі.</p>

8.	Вальці для переробки термо-пластів	Україна Заявка № u200603173, кл. B29B 7/56, 7/02, 7/30, 2006 рік Мікульонок І.О.	В основу корисної моделі покладено задачу вдосконалити вальці для переробки термопластів, у яких нове конструктивне виконання круглих фрикційних шестерень забезпечує регулювання величини фрикції та її безступінчасту зміну протягом циклу переробки. Поставлена задача вирішується тим, що у вальцях для переробки термопластів поперечний переріз посадочного місця фрикційної шестірні кожного валка виконано квадратним, а центральний отвір фрикційної шестірні - прямокутним, при цьому фрикційну шестірню встановлено з можливістю переміщення в радіальному напрямку і фіксації в заданному положенні.
9.	Валкова машина для переробки полі-мерних матеріалів і гумових сумішей	Україна Заявка № u201107585, кл. B29B 7/56, 43/24, 2011 рік Сівецький В.І., Сокольський О.Л., Рябінін Д.Д., Щербина В.Ю., Рослов О.В.	В основу корисної моделі поставлена задача підвищення продуктивності і обслуговування валкових машин. Поставлена задача вирішується тим, що у валкових машинах зі змінним положенням валків для переробки полімерних матеріалів і гумових сумішей в корпусах підшипникових вузлів встановлено по кілька ексцентричних втулок, оснащених механізмами повороту, причому одні з втулок встановлено між цапфами і внутрішніми кільцями підшипників, інші - між корпусами підшипників і їх зовнішніми кільцями.
10.	Вальці	Україна Заявка № u200906362, кл. B29B 7/34, 7/02, 7/30, 2009 рік Мікульонок І.О., НТУУ «КПІ»	В основу корисної моделі покладено задачу вдосконалити вальці, у яких їх нове конструктивне виконання забезпечує можливість регулювання фракції, що суттєво розширює технологічні можливості машини. Поставлена задача вирішується тим, що встановлена щонайменше одна додаткова пара фрикційних шестерень з іншим передаточним числом.

ДОДАТОК Б

ТЕКСТ ГОЛОВНОЇ ПРОГРАМИ LSP:

```

(defun c:start_kp()
  (setq dir "C:\\Lis\\") ; Установка рабочей папки
  (command "_ERASE" "_all" ""); Очистка экрана
  (setvar "OSMODE" 0) ; Отключение привязок
  (command "_shademode" "_2") ; Убрать тен
  (command "_UCS" "") ; МСК
  (if (null рамка) (load "рамка")); Загрузить "рамку", если не загружено ранее
  (if (null POINT) (load (strcat dir "drawing.lsp"))); Загрузить второй лсп-файл,
  (dano) ; Вызов подпрограммы с исходными данными
  (dialog) ; Вызов подпрограммы, содержащую вызов диалога
  (maschab) ; Вызов подпрограммы масштабирования
  (POINT) ; Вызов подпрограммы определения точек
  (if (= rslt 2) (DRAW))
  (if (= rslt 3) (3DMODEL))
  (princ))
(defun dialog ()
  (setq rproj (load_dialog (strcat dir "dial_okno.DCL")))
  (if pol_do (new_dialog "dial_lr6" rproj " " pol_do) ; Запоминание положения
окна после закрытия
    (new_dialog "dial_lr6" rproj ) )
  ; Загрузка текстового файла с исходными данными (при его наличии)
  (if (findfile (strcat dir "Dan.txt")) (load (strcat dir "Dan.txt")))
  (setq xmax (dimx_file "RIS") ymax (dimy_file "RIS")) ; Картинка
  (start_image "RIS")
  (slide_image 0 0 xmax ymax (strcat dir "RIS.sld"))
  (end_image)

```


(setq nab_mas '("M1:1" "M2:1" "M2.5:1" "M4:1")) ; Задание списка масштабов

(setq nab_masch '(1.0 2.0 2.5 4.0))

(start_list "MS") (mapcar 'add_list nab_mas) (end_list)

(setq masch (nth 1 nab_masch)) (set_tile "MS" "1")

;Установка значений для списка исходных данных

(foreach n nab_lsx_Sim (set_tile n (rtos(eval(read n)))))

;Выполнение при входе в поле для списка исходных данных

(foreach n nab_lsx_Sim (action_tile n (strcat "(setq " n " (atof \$value))"))

(mode_tile "accept" 1) (mode_tile "DRAW3D" 1); "Замыливание" кнопок до проверки

(action_tile "PROV" "(prov)")

(action_tile "TEST" "(test)")

(action_tile "MS" "(setq masch (nth (atoi \$value) nab_masch)) ")

(action_tile "DRAW3D" "(progn (done_dialog 3))")

;;; (action_tile "DRAW" "(progn (done_dialog 1))")

(action_tile "accept" "(setq pol_do (done_dialog 2))")

(action_tile "cancel" "(setq pol_do (done_dialog 0))")

(setq rslt (start_dialog)) ; присвоение значения rslt и отправка в диалог

; 2Д => 2, 3Д => 3, Cancel => 0

(if (= rslt 3) (setq masch 1.0)); Задания масштаба 1:1 при выборе постройки 3Д

; Запись данных в файл "Dan.txt"

(if (> rslt 0)

(progn

(setq f (open (strcat dir "Dan.txt") "w"))

(princ "(setq \n" f)

(foreach n nab_lsx_Sim

(princ (strcat " " n " " (rtos (eval (read n))) "\n") f))

```

(princ ") \n" f)

(close f) ))

); конец (dialog)

(defun test () ;Подпрограмма для сброса значений на первоначальные
(DANO); Вызов подпрограммы с исходными данными
(foreach n nab_lsx_Sim (set_file n (rtos(eval(read n))))) )

(defun DANO () ;Исходные данные
(setq nab_lsx_Sim '("_R1" "_R2" "_R3" "_R4" "_D5" "_L1" "_L2" "_L3" "_L4" "_L5"))
(setq nab_lsx_DAN '( 490.0 280.0 230.0 200.0 26.0 1194.0 976.0 674.0 158.0
66.0))

(mapcar '(lambda (sim zna) (set (read sim) zna))
nab_lsx_Sim
nab_lsx_DAN ))

(defun prov( / pr) ; Проверка ввода
(setq pr 0)

(if (< _R1 _D5) (progn (alert (strcat "Значение _R1<(rtos _r1)"> должно
быть больше чем _D5"(rtos _D5)">"))
(setq pr (+ 1 pr)) ))

(if (> _R2 _R1) (progn (alert (strcat "Значение _R2<(rtos _r2)"> должно быть
меньше чем _R1<(rtos _R1)">"))
(setq pr (+ 1 pr)) ))

(if (> _R3 _R1) (progn (alert (strcat "Значение _R3<(rtos _r3)"> должно
быть меньше чем _R1<(rtos _r1)">"))
(setq pr (+ 1 pr)) ))

(if (< _R4 _D5) (progn (alert (strcat "Значение _R4<(rtos _r4)"> должно
быть больше чем _D5<(rtos _D5)">"))
(setq pr (+ 1 pr)) ))

(if (< _L1 _L2) (progn (alert (strcat "Значение _H1<(rtos _L1)"> должно быть
больше чем _H2<(rtos _L2)">"))

```

```

        (setq pr (+ 1 pr)) ))

    (if (< __L2 __L5) (progn (alert (strcat "Значение __H2<\"(rtos __L2)\"> должно
быть больше чем __H3<\"(rtos __L3)\">"))

        (setq pr (+ 1 pr)) ))

    (if (< __L3 __L5) (progn (alert (strcat "Значение __H3<\"(rtos __L3)\"> должно быть
больше чем __H5<\"(rtos __L5)\">"))

        (setq pr (+ 1 pr)) ))

    (if (> __L5 __L4) (progn (alert (strcat "Значение __H5<\"(rtos __L5)\"> должно
быть меньше чем __H4<\"(rtos __L4)\">"))

        (setq pr (+ 1 pr)) ))

    (if (= pr 0) (progn (alert "В исходных данных явных ошибок не обнаружено")

        (mode_tile "accept" 0) (mode_tile "DRAW3D" 0) )) )

    (defun maschab (); Присвоение значений D1 ... с учетом масштаба
    (setq nab_wrk_Sim ("R1" "R2" "R3" "R4" "D5"
        "L1" "L2" "L3" "L4" "L5" ))

    (mapcar '(lambda (sim zna)

        (set (read sim) (* (eval (read zna))masch)) )

        nab_wrk_Sim
        nab_lsx_Sim )

    (setq pi05 (* pi 0.5) pi15 (* pi 1.5) ))

```

ТЕКСТ DSL:

```

dial_lr6 : dialog {label="Демаль";
:column{ :image{label="RIS"; height=30; aspect_ratio = 1; key="RIS";color=0;}
:column{
:row{label="Родуус";
:edit_box{label="__R1=";key="__R1";edit_width=6;edit_limit=6;}
:edit_box{label="__R2=";key="__R2";edit_width=6;edit_limit=6;}
:edit_box{label="__R3=";key="__R3";edit_width=6;edit_limit=6;}

```

```

:edit_box{label="__R4=";key="__R4";edit_width=6;edit_limit=6;}
:edit_box{label="__D5=";key="__D5";edit_width=6;edit_limit=6;}}}
:row{label="Длины";
:edit_box{label="__H1=";key="__L1";edit_width=6;edit_limit=6;}
:edit_box{label="__H2=";key="__L2";edit_width=6;edit_limit=6;}
:edit_box{label="__H3=";key="__L3";edit_width=6;edit_limit=6;}
:edit_box{label="__H4=";key="__L4";edit_width=6;edit_limit=6;}
:edit_box{label="__H5=";key="__L5";edit_width=6;edit_limit=6;}}}
:boxed_row{label="Выбор действия";
:button{label="Сброс значений"; key="TEST";}
:button{label="Проверить"; key="PROV";}
:row{
:text{label="Выбор масштаба";}
:popup_list{ key="MS";width=10;}
:button{label="Черпнуть 2D"; key="accept";is_default = true;}
:button{label="Черпнуть 3D"; key="DRAW3D";is_default = true;}
:button{label="Отмена"; key="cancel";is_default = true;}}}}

```

ТЕКСТ ПІДПРОГРАМИ:

```

(defun POINT ()
  (setq BP '(0 0 0))
  (setq M masch)
  (setq pi2 (/ pi 2))
  (command "_erase" "_all" "")
  (setq V1 (* R1 M)
        v2 (* R2 M)
        v3 (* R3 M)
        v4 (* 10 M)
        v5 (* 178 M)
        v6 (* R4 M))

```

```
(setq h1 (/ v6 2)
```

```
h2 (* 18 M)
```

```
h3 (* 26 M)
```

```
h4 (+ v6 v4)
```

```
h5 (* L3 M)
```

```
h6 (* 8 M)
```

```
h7 (/ v4 2)
```

```
h8 (* L5 M)
```

```
h9 (* (- L3 R4) M)
```

```
h10 (* (/ L5 3) M)
```

```
h11 (* V1 4)
```

```
h12 (+ v1 h1) )
```

```
(setq P1 BP
```

```
P2 (polar BP pi2 v1)
```

```
P3 (polar P2 0 h1)
```

```
P4 (polar P3 (* pi2 3) (- v1 v2))
```

```
P5 (polar P4 0 h2)
```

```
P6 (polar P5 (* pi2 3) (- v2 v3))
```

```
P7 (polar P6 0 h1)
```

```
P12 (list (+ (nth 0 P7) h4)
```

```
          (- (nth 1 P7) (- V3 v6)))
```

```
P11 (polar P12 (* pi2 3) (* v4 2))
```

```
P13 (polar P12 0 h5)
```

```
P14 (list (- (nth 0 P12) h6)
```

```
          (- (nth 1 P12) v4))
```

```
P15 (polar P11 (* pi2 2) h3)
```

```
P16 (polar P12 (* pi2 2) h4)
```

```
P17 (list (+ (nth 0 P16) h6)
```

```
          (- (nth 1 P16) v4))
```

P18 (list (+ (nth 0 P16) h3)
 (– (nth 1 P16) (* v4 2)))
 P19 (list (+ (nth 0 P13) h6)
 (– (nth 1 P13) h6))
 P20 (list (+ (nth 0 P13) (* v4 3))
 (– (nth 1 P13) h10))
 P21 (list (– (nth 0 P20) v4)
 (+ (nth 1 P20) (– h6 h7)))
 P22 (polar P19 (* pi2 3) h7)
 P23 (list (+ (nth 0 P20) h7)
 (+ (nth 1 P20) h7))
 P24 (polar P20 0 h8)
 P25 (list (– (nth 0 P24) h7)
 (+ (nth 1 P24) h7))
 P26 (polar P24 (* pi2 3) v5)
 P27 (polar P1 pi2 v6)
 P28 (polar P27 0 (* v4 5))
 P29 (polar P28 (* pi2 3) (* v6 2))
 P30 (polar P29 (* pi2 2) (* v4 5))
 P50 (polar p1 0 h11)
 P80 (list (+ (nth 0 P50) v1)
 (+ (nth 1 P50) v1))
 P51 (polar p50 0 h12)
 P52 (polar p50 pi2 h12)
 P40 (list (+ (nth 0 P1) (– v6 v4))
 (nth 1 P1))
 P40 (polar P1 pi2 (– v6 v4))
 P41 (polar P40 0 v4)
 P42 (polar P41 pi2 (* v4 2))

```

P43 (polar P42 (* pi2 2) (* v4 2))
P44 (polar P43 (* pi2 3) (* v4 2))
P60 (polar p12 pi2 v4)
P601 (polar p60 0 h6)
P61 (polar p12 pi2 (/ v4 4))
P611 (polar p61 0 (/ v4 10))
P62 (polar p12 (* pi2 3) h2)
P63 (polar p12 (* pi2 3) h7)
P64 (polar p12 (* pi2 3) (+ v4 h3))
P65 (polar p12 (* pi2 3) h8)
P66 (polar p12 (* pi2 3) (+ h8 h2))
P67 (polar p12 (* pi2 3) (+ h1 h3))
P68 (polar p12 (* pi2 3) (- v6 h8))
P69 (polar p12 (* pi2 3) (- v6 v4))
P70 (polar P60 0 h5)
P701 (polar p70 (* pi2 2) h6)
P71 (polar P61 0 (- h5 h7))
P72 (polar P62 0 h5)
P73 (polar P63 0 h5)
P74 (polar P64 0 h5)
P75 (polar P65 0 h5)
P76 (polar P66 0 h5)
P77 (polar P67 0 h5)
P78 (polar P68 0 h5)
P79 (polar P69 0 h5)
P80 (polar p50 pi2 v1)
P81 (polar p50 pi2 v6)  )

;-----
(defun DRAW ()

```

```

(command "_ucs" "_w")
(format_ramka 594 841 0 (/ 1 m))
(command "__layer" "_n" "osnovna" "_c" "_white" "osnovna" "")
(command "__layer" "_n" "osi" "_c" "_cyan" "osi" "_l" "center2" "osi" "")
(command "__layer" "_n" "razmer" "_c" "_green" "razmer" "")
      (command "__layer" "_s" "osnovna" "")
      (command "_pline" p12 p13 "")
      (command "_pline" p12 p601 p701 p13 "")
      (command "_pline" p62 p72 "")
      (command "_pline" p63 p73 "")
      (command "_pline" p64 p74 "")
      (command "_pline" p65 p75 "")
      (command "_pline" p67 p77 "")
      (command "_pline" p66 p76 "")
      (command "_pline" p68 p78 "")
      (command "_pline" p69 p79 "")
(command "_pline" p27 p28 p29 p30 "")
      (command "_pline" p27 p2 p3 p4 p5 p6 p7 p16 "")
      (command "_pline" P13 p19 p22 "")
      (command "_pline" p15 p18 "")
      (command "_pline" p20 p23 p25 p24 p26 "")
      (command "_arc" p12 p14 p15 "")
      (command "_arc" p16 p17 p18 "")
      (command "_arc" p22 p21 p20 "")
      (command "_pline" p24 p20 "")
      (command "_mirror" "_all" "" '(0 0) '(10 0) "")
      (command "_pline" p4 (sp p4) "")
      (command "_pline" p6 (sp p6) "")
      (command "_pline" p7 (sp p7) "")

```



```

(command "_pline" p12 (sp p12) "")
(command "_pline" p15 (sp p15) "")
(command "_pline" p18 (sp p18) "")
(command "_pline" p13 (sp p13) "")
(command "_pline" p19 (sp p19) "")
(command "_pline" p20 (sp p20) "")
(command "_pline" p23 (sp p23) "")
  (command "_pline" p25 (sp p25) "")
(command "_circle" p50 v1 "")
(setq cirk1 (entlast))
(command "_circle" p50 v6 "")
(setq cirk2 (entlast))
  (command "_circle" p50 (- v6 H6) "")
(setq cirk3 (entlast))
(command "_circle" p50 v2 "")
(setq cirk4 (entlast))
(command "_circle" p50 v3 "")
(setq cirk5 (entlast))
(command "_circle" p50 v5 "")
(setq cirk6 (entlast))
(command "_circle" p50 (+ v5 H7) "")
(setq cirk7 (entlast))
(command "_pline" p40 P41 P42 P43 P44 P40 "")
(setq shlc1 (entlast))
(command "_ARRAYPOLAR" shlc1 "" p50 "20" "360" "")
(setq shlc1 (entlast))
(command "_EXPLODE" shlc1 "" )
(setq shlc1 (entlast))
  (command "_-layer" "_s" "osi" "")

```

```

(command "_pline" p1 p51 "")
(command "_pline" p52 (sp p52) "")
(command "__layer" "_s" "razmer" "")
(command "__STYLE" "razmer" "isocpeur" "25" "" "" "" "")
(command "__TEXTSTYLE" "razmer")
(command "_DIMASZ" h10)
(command "_DIMTXT" h10)
(command "dim")
(command "__hor" (sp P2) P26 (polar (SP P12) (* pi2 3) (+ v2 v6)) "")
  (command "__hor" P3 P26 (polar (SP P12) (* pi2 3) (+ (+ v2 h1) h8)) "")
  (command "__hor" P5 P26 (polar (SP P12) (* pi2 3) (+ v3 v5)) "")
  (command "__hor" P7 P26 (polar (SP P12) (* pi2 3) (+ v6 v5)) "")
  (command "__hor" P15 P18 (polar P12 pi2 v6 ) "")
  (command "__hor" P12 P13 (polar P12 pi2 v6 ) "")
  (command "__hor" P20 P26 (polar P12 pi2 v6 ) "")
  (command "__hor" (sp P2) P28 (polar (SP P12) (* pi2 3) (+ (+ v2 h1) h8)) "")
(command "__ver" p80 (sp p80) (polar (SP P50) (strcat "%%c" (rtos (* v1 2) 2
0))))
  (command "__ver" p81 (sp p81) (polar p12 0 20) (strcat "%%c" (rtos (* R2 2) 2
0)))"
  (command "__diam" (list cirk1(polar P50 (* 1.75 pi) v1)) (strcat "%%c" (rtos (* v1 2)
2 0)) (polar P50 (* 0.85 pi) (+ v1 h8)))
  (command "__diam" (list cirk2 (polar P50 (* 1.95 pi) v6)) (strcat "%%c" (rtos (*
v6 2) 2 0)) (polar P50 (* 2.05 pi) (+ v1 h8)) )
  (command "__diam" (list cirk4 (polar P50 (* 2.05 pi) v2)) (strcat "%%c" (rtos
(* v2 2) 2 0)) (polar P50 (* 1.95 pi) (+ v1 h8)) )
  (command "__diam" (list cirk5 (polar P50 (* 2.15 pi) v3)) (strcat "%%c" (rtos (*
v3 2) 2 0)) (polar P50 (* 1.85 pi) (+ v1 h8)) ) )

```

;------

-

```
(defun 3DMODEL()
  (command "_ucs" "_w")
  (load "ramka")
  (setq BP '(0 0 0))
  (setq M 1)
  (setq pi2 (/ pi 2))
  (command "_erase" "_all" "")
    (command "_pline" p1 p2 p3 p4 p5 p6 p7 p16 "")
    (setq val (entlast))
    (command "_revolve" val "" P1 P26 360)
  (command "_erase" val "")
    (command "_pline" p12 p13 p19 p22 "")
    (setq val (entlast))
    (command "_revolve" val "" P1 P26 360)
  (command "_erase" val "")
    (command "_pline" p15 p18 "")
    (setq val (entlast))
    (command "_revolve" val "" P1 P26 360)
  (command "_erase" val "")
    (command "_pline" p20 p23 p25 p24 p26 p1 "")
  (setq val (entlast))
    (command "_revolve" val "" P1 P26 360)
  (command "_erase" val "")
    (command "_arc" p12 p14 p15 "")
    (setq val (entlast))
    (command "_revolve" val "" P1 P26 360)
  (command "_erase" val "")
```

```

(command "_arc" p16 p17 p18 "")
(setq val (entlast))
(command "_revolve" val "" P1 P26 360)
(command "_erase" val "")
(command "_arc" p22 p21 p20 "")
(setq val (entlast))
(command "_revolve" val "" P1 P26 360)
(command "_erase" val "")
(command "_union" "_all" "")
(setq val (entlast))
(command "_SURFSCULPT" val "")
(setq val (entlast))
(command "_pline" p27 p28 p29 p30 p27 "")
(setq kva (entlast))
(command "_extrude" kva "" 600 "" )
(setq kva (entlast))
(command "_pline" p27 p28 p29 p30 p27 "")
(setq kvq (entlast))
(command "_extrude" kvq "" -600 "" )
(setq kvq (entlast))
(command "_union" kva kvq "")
(setq vir (entlast))
(command "_subtract" val "" vir "")
(command "_ucs" "_Za" '(428 0 0) "" "")
(command "_ucs" "_y" 270 "")
(command "_pline" p40 p41 p42 p43 p44 p40 "")
(setq shlc (entlast))
(command "_extrude" shlc "" -670 "" )
(setq shlc1 (entlast))

```

```
(command "__ARRAYPOLAR" shlc1 "" "0,0" "20" "360" "")  
(command "__union" "__all" ""))
```

Зміст

1	Розрахунки параметрів і характеристик базової машини.....	3
1.1	Параметричні розрахунки	3
1.1.1	Параметри продуктивності Помилка! Закладку не визначено.	
1.1.2	Тривалість циклу	3
1.1.3	Об'єм суміші що завантажується.....	3
1.1.4	Продуктивність вальців	4
1.2	Розрахунок енергосилових параметрів.....	4
1.2.1	Вихідні дані та прийняті позначення.....	4
1.2.2	Розпірне зусилля між валками	5
1.2.3	Сумарна технологічна потужність.....	6
1.3	Кінематичні розрахунки	6
1.3.1	Вихідні дані	6
1.3.2	Частоти обертання валків	7
1.3.3	Розрахунок передач редуктору.....	8
1.3.4	Визначення передавальних чисел	8
1.3.5	Визначення чисел зубів.....	8
1.3.6	Визначення фрикцій	10
1.4	Теплові розрахунки.....	11
1.4.1	Тепловий баланс машини.	11
1.5	Розрахунки на міцність.....	18
1.5.1	Розрахунок гвинта упорного	18
1.5.2	Перевірочний розрахунок на міцність різьби гайки	20
1.5.3	Перевірочний розрахунок на міцність зубців шліцьового з'єднання.....	21
1.5.4	Розрахунок п'яти.....	22
1.5.5	Визначення крутного моменту, прикладеного до гвинта.....	24
1.6	Розрахунок вихідного валу редуктору.....	25

					<i>ЛП71мп.027256.01-70PP</i>			
		№ докум.	Підпис		Лінія виробництва лінолеуму з модернізацією вальців			
Розробив	Горпиняк							
Перевірів	Сівецький							
Рецензент								
Н. Контр.								
Затвердив	Гондляр				НТУУ «КПІ», ІХФ,			
					Літ. Арк. Акру			
					80			

1.6.1	Визначення сил, що діють на вал.....	26
1.6.2	Визначення реакцій в опорах.	26
1.6.3	Визначення згинаючих моментів.....	28
1.6.4	Визначення запасів міцності.	29
2	Підтвердження працездатності.....	31
2.1	Вибір програмного забезпечення	40
2.2	Проведення розрахунків.....	40
2.3	Аналіз розрахунків.....	43
	Література	44

1 РОЗРАХУНКИ ПАРАМЕТРІВ І ХАРАКТЕРИСТИК БАЗОВОЇ МАШИНИ

1.1 Параметричні розрахунки

1.1.1 Вихідні дані

Тривалість пластикації ПВХ	$t_{пл}=10$ хв.
Тривалість введення фарбників та підскорювачів	$t_1=2$ хв.
Тривалість введення наповнювачів	$t_2=3$ хв.
Тривалість введення сірки	$t_3=3$ хв.
Тривалість змішування	$t_{зм}=3$ хв.
Питома вага гумової суміші	$\rho = 1350 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

1.1.2 Тривалість циклу

Тривалість циклу вальцювання визначається як сума тривалості всіх операцій вальцювання:

$$t_{ц}=t_1+t_2+t_3+t_{зм}=10+2+3+3+3=21 \text{ хв} \quad (1.1)$$

1.1.3 Об'єм суміші що завантажується

Об'єм завантаження визначаємо за наступною формулою [1]:

$$V = 0,0085 \times D \times L = 0,085 \times 0,66 \times 2,1 = 0,12 \text{ м}^3 = 120 \text{ л.} \quad (1.2)$$

1.1.4 Продуктивність вальців

Продуктивність вальців визначаємо за формулою:

$$G = \frac{60 \times V \times \rho \times \varphi}{t_{\text{ц}}} = \frac{60 \times 0,12 \times 1350 \times 0,9}{21} = 416 \frac{\text{кг}}{\text{год}}, \quad (1.3)$$

де $\varphi = 0,9$ - коефіцієнт використання машини.

1.2 Розрахунок енергосилових параметрів

На сьогодні ще не існує відпрацьованої методики розрахунку переробки гумових сумішей на вальцях з клиновим пристроєм. З певними припущеннями розрахунок можна провести за методом, що базується на гідродинамічній теорії [2]. Наявність клинового пристрою в першому наближенні можна врахувати шляхом зниження значення мінімального зазору.

1.2.1 Вихідні дані та прийняті позначення

Пластичність по Кореру гумової суміші, що перероблюється на вальцях приймаємо в межах[2]:

$$0,2 < \text{Пл} < 0,4$$

Мінімальний зазор з врахуванням використання клинового пристрою приймаємо:

$$t_0 = 2 \text{ мм}$$

$n=2,5$ — реологічна константа, індекс течії

$c=1,5$ — реологічна константа матеріалу

$\Delta = \frac{t}{t_0} = 10$ — відношення перетину входу матеріалу в область в'язкої течії

до зазору між валками

$T=0,6125$ — коефіцієнт, що визначається в залежності від Δ

$B_1=2,68$ — коефіцієнт, що визначається в залежності від реологічних констант матеріалу

$E=0,24$ — коефіцієнт, що визначається в залежності від реологічних констант матеріалу

$F=1,07$ — фрикція між валками.

$v=33$ м/хв=55 см/сек — окружна швидкість валка. В зв'язку з тим, що фрикція приблизно дорівнює одиниці:

$$v = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{32 + 34}{2} = 33,$$

де V_1 — швидкість переднього валка;

V_2 — швидкість заднього валка.

$R=330$ мм — радіус валка

$L=2000$ мм — робоча довжина зазору між валками.

1.2.2 Розпірне зусилля між валками

Визначаємо горизонтальну складову розпірного зусилля, що спрямована проти вектору швидкості обертання валків:

$$P_1 = \frac{3 * B_1 * C * \alpha^{\frac{1}{n}-1} * v^{\frac{1}{n}} * (1+f) * R * L}{8 * t_0} \quad (1.4)$$

$$\alpha_s = \frac{3 * (1+f) * T}{2 * t_0 * \sqrt{\Delta-1}} \quad (1.5)$$

Підставляючи числові значення величин, що входять до формул знаходимо:

$$\alpha_9 = \frac{3 \cdot (1+1) \cdot 0,6125}{2 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{10-1}} = 3,06$$

$$P_1 = \frac{3 \cdot 2,68 \cdot 1,5 \cdot 3,06^{\frac{1}{2,5}-1} \cdot 55^{\frac{1}{2,5}} \cdot (1+1) \cdot 33 \cdot 200}{8 \cdot 0,2} = 2520000 \text{ Н.}$$

Рівнодійна розпірного зусилля може бути знайдена з відношення:

$$P = 1,015 \cdot P_1 = 1,015 \cdot 2520000 = 2557800 \text{ Н}$$

Для розрахунків приймаємо розпірне зусилля рівним $P = 300 \cdot 10^4 \text{ Н}$.

1.2.3 Сумарна технологічна потужність

Сумарну технологічну потужність визначаємо з рівняння [1]:

$$N_c = \frac{3 \cdot E \cdot c \cdot \alpha_9^{\frac{1}{2,5}-1} \cdot v^{\frac{1}{2,5}+1} \cdot (1+f)^2 \cdot \sqrt{R} \cdot L}{10200 \cdot \sqrt{0,2}} \quad (1.6)$$

Підставляючи числові дані до формули (3.3) отримуємо:

$$N_c = \frac{3 \cdot 0,24 \cdot 1,5 \cdot 3,06^{\frac{1}{2,5}-1} \cdot 55^{\frac{1}{2,5}+1} \cdot (1+1)^2 \cdot \sqrt{33} \cdot 200}{10200 \cdot \sqrt{0,2}} = 152,3 \text{ кВт}$$

На вальцях встановлено електродвигун типу ВА02 315L6Т3 потужністю 200 кВт.

1.3 Кінематичні розрахунки

1.3.1 Вихідні дані

Застосування клинового пристрою дозволяє значно інтенсифікувати процес змішування, що дає можливість дещо зменшити швидкості обертання валків, що в свою чергу забезпечить більш спокійний режим роботи, зниження енерговитрат та підвищити рівень безпеки. Тому за вихідні дані приймаємо швидкості валків на 30-40% менші ніж в базовій машині. Робоча швидкість переднього валку

$$v_n = 22 \frac{M}{c};$$

робоча швидкість переднього валку

$$v_3 = 26 \frac{M}{c};$$

частота обертання електродвигуна

$$n_{oe} = 985 \times 6^{-1}.$$

1.3.2 Частоти обертання валків

Частоти обертання валків визначаються за наступною формулою:

$$n = \frac{v}{\pi \times d}, \quad (1.7)$$

де v — швидкість обертання валку;

d — діаметр робочої частини валка.

Підставляючи числові дані до (3.7) отримуємо для переднього і заднього валку відповідно:

$$n_n = \frac{22}{3,14 \times 0,66} = 10,62 \times 6^{-1}$$

$$n_3 = \frac{26}{3,14 \times 0,66} = 12,54 \text{ s}^{-1}$$

1.3.3 Розрахунок передач редуктору

В якості редуктору приводу модернізованих вальців приймаємо трьохступінчастий циліндричний редуктор з косозубим зачіпленням.

1.3.4 Визначення передавальних чисел

Необхідне передавальне число редуктору як відношення частоти обертання електродвигуну до частоти обертання заднього валку:

$$i = \frac{n_{\text{дв}}}{n_3} = \frac{985}{12,54} = 78,5 \quad (1.8)$$

Згідно рекомендацій [3] для кожної з ступенів редуктору приймаємо передавальні числа та нормальні модулі:

- для швидкохідної $i_1 = 4$, $m=5$;
- для проміжної $i_2 = 5$, $m=10$;
- для тихохідної $i_3 = 4$, $m=12,5$.

1.3.5 Визначення чисел зубів

Необхідне число зубів для кожної зі ступеней визначається з наступних формул, для шестерен:

$$z_{\text{ш}} = \frac{z}{1+i}, \quad (1.9)$$

для колес:

$$z_{\kappa} = z - z_{\text{ш}}, \quad (1.10)$$

де z -загальне число зубів для кожної з передач, приймаємо відповідно до рекомендацій наведених в [3] $z_1=114$, $z_2=89$, $z_3=116$.

Підставляючи числові дані до (3.9.) і (3.10.) отримуємо:

$$z_{\text{ш}1} = \frac{114}{1+4} = 23$$

$$z_{\text{ш}2} = \frac{90}{1+5} = 15$$

$$z_{\text{ш}3} = \frac{116}{1+4} = 23$$

$$z_{\kappa 1} = 114 - 23 = 91$$

$$z_{\kappa 2} = 89 - 15 = 74$$

$$z_{\kappa 3} = 116 - 23 = 93$$

За обчисленими значеннями чисел зубів уточнюємо передавальні числа:

$$i_1 = \frac{z_{\kappa 1}}{z_{\text{ш}1}} = \frac{91}{23} = 3,956$$

$$i_2 = \frac{z_{\kappa 2}}{z_{\text{ш}2}} = \frac{74}{15} = 4,933$$

$$i_2 = \frac{z_{\kappa 2}}{z_{u2}} = \frac{93}{23} = 4,043$$

Уточнюємо загальне передавальне число редуктору:

$$i = i_1 \times i_2 \times i_3 = 3,956 \times 4,933 \times 4,043 = 78,9$$

Результати розрахунку зводимо до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Параметри ступенів редуктору

Ступінь	Передавальне число	Модуль нормальний	Число зубів шестерні	Число зубів колеса
Швидкохідна	3,956	5	23	91
Проміжна	4,933	10	15	74
Швидкохідна	4,043	12,5	23	93

1.3.6 Визначення фрикцій

Фрикція визначається як відношення швидкості заднього валку до швидкості переднього:

$$f = \frac{v_z}{v_n} = \frac{26}{22} = 1,182 \quad (1.11)$$

Приймаємо число зубів фрикційної шестерні, насадженої на задній валок рівним 39.

Число зубів фрикційної шестерні насадженої на передній валок визначається за формулою:

$$z_{\phi 2} = \frac{z_{\phi 1}}{f} = \frac{39}{1,182} = 33 \quad (1.12)$$

1.4 Теплові розрахунки

Вихідні дані.

Максимальний об'єм суміші що завантажується	$V=200$ л
Початкова температура суміші	$t_{см.п.} = 20^0 C$
Кінцева температура суміші	$t_{см.к} = 130^0 C$
Час вальцювання	$\tau = 21$ хв.
Температура води що охолоджується	$t_{в.п.} = 14^0 C$
Питома вага гумової суміші	$\rho = 1240$ кг/м ³
Потужність, що споживається	$N=152,3$ кВт

1.4.1 Тепловий баланс машини.

При переробці гумових сумішей на вальцях має місце значне стискання матеріалу, що призводить до великого виділення тепла, внаслідок чого вальці необхідно охолоджувати.

Необхідність охолодження визначається тепловим балансом машини, який можна записати у вигляді наступного рівняння [1]:

$$G_{см} * C_{см} * t_{см.п.} + Q_N + G_{в} * C_{в} * t_{в.п.} = G_{см} * C_{см} * t_{см.к.} + G_{в} * C_{в.к} * t_{в.к.} + Q_n \quad (1.13)$$

де $G_{см}$ — кількість матеріалу, що поступає на переробку;

$C_{см.п.}$ — питома теплоємність суміші при початковій температурі;

Q_N — кількість теплової енергії, що утворюється за рахунок перетворення механічної енергії в теплову;

$G_{в}$ — кількість охолоджувальної води, що подається в валки;

$C_{см.к.}$ — питома теплоємність суміші при кінцевій температурі;

Св.п. — питома теплоємність води на вході в валки;

Св.к. — питома теплоємність води на виході з валків;

t в.п. — температура на вході в валки;

t в.к. — температура на виході з валків;

Qв — теплові втрати валків в навколишнє середовище.

На основі рівняння теплового балансу визначаємо кількість тепла, що уноситься з водою:

$$Q_{\text{в}} = G_{\text{в}} * C_{\text{в}} * (t_{\text{в.к.}} - t_{\text{в.п.}}) = Q_N - Q_{\text{с}} - G_{\text{см}} * (C_{\text{см.к}} * t_{\text{см.к}} - C_{\text{см.п}} * t_{\text{см.п}}) \quad (1.14)$$

Кількість тепла, отриманого в результаті дисипації механічної енергії визначається за формулою:

$$Q_N = 860 N \eta, \quad (1.15)$$

де N=152,3 кВт — потужність, що споживається під час вальцювання;

$\eta=0,857$ — ККД приводу вальців.

Підставляючи числові дані в формулу (3.145) отримуємо:

$$Q_N = 860 * 152,3 * 0,857 = 112248 \text{ ккал/год} = 130545 \text{ Вт.}$$

Визначаємо кількість тепла необхідного для розігріву суміші:

$$Q_{\text{см}} = G_{\text{св}} * C_{\text{см}} * (t_{\text{см.к.}} - t_{\text{см.п.}}), \quad (1.16)$$

де $t_{\text{см.к.}} = 60^{\circ} \text{C}$ — кінцева температура суміші що переробляється;

$t_{см.п.} = 20^0 C$ — початкова температура суміші;

$C_{см}=0,4$ ккал/кг*град — питома теплоємність суміші.

Підставляючи числові дані в формулу (3.16) отримуємо:

$$Q_{см} = 992 * 0,4 * (60 - 20) = 43648 \frac{\text{ккал}}{\text{год}} = 50762 \text{Вт}$$

Кількість тепла, яке необхідно відвести з охолоджувальною водою:

$$Q_{в} = Q_N - Q_{см} - Q_{г} \quad (1.17)$$

Витрати тепла в навколишнє середовище складаються з витрат тепла конвекцією та випромінюванням.

Кількість тепла, що витрачається конвекцією обчислюється за формулою:

$$Q_{к} = \alpha \times F \times (t_{г} - t_{нов}), \quad (1.18)$$

де α -коефіцієнт тепловіддачі, для нерухомого повітря згідно [5] визначається за формулою:

$$\begin{aligned} \alpha &= 1,18 \times 10^{-3} \sqrt{\frac{t_{г} - t_{нов}}{D}} = 1,18 \times 10^{-3} \sqrt{\frac{50 - 20}{0,66}} = \\ &= 7,95 \times 10^{-3} \text{кВт}(\text{м}^2 \times \text{град}) \end{aligned} \quad (1.19)$$

F — поверхня тепловіддачі визначається за формулою:

$$F = 2\pi \times D \times L = 2 \times 3,14 \times 0,66 \times 2,1 = 8,7 \text{м}^2 \quad (1.20)$$

$t_{г} = 50^0 C$ — температура нагрітого валку;

$t_{нов} = 20^0 C$ — температура повітря.

Підставляючи числові дані до формули (3.15) отримуємо:

$$Q_{\kappa} = 7,95 \times 10^{-3} \times 8,7 \times (50 - 20) = 2,07 \text{ кВт}$$

Витрати тепла випромінюванням обчислюються за формулою:

$$Q_{\lambda} = F \times c \times \left[\left(\frac{T_1'}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2'}{100} \right)^4 \right], \quad (1.21)$$

де c — загальний коефіцієнт випромінювання, згідно [3] приймаємо рівним $2,3 \times 10^{-3}$;

T_1' — абсолютна температура валку, К;

T_2' — абсолютна температура повітря, К.

Підставляючи числові дані до формули (3.21) отримуємо:

$$Q_{\lambda} = 8,7 \times 2,3 \times 10^{-3} \left[\left(\frac{273 + 50}{100} \right)^4 - \left(\frac{273 + 20}{100} \right)^4 \right] = 0,74 \text{ кВт.}$$

Сумарні витрати тепла:

$$Q_{\epsilon} = Q_{\kappa} + Q_{\lambda} = 2,07 + 0,74 = 2,81 \text{ кВт.}$$

Підставляючи числові дані в формулу (3.15) отримуємо:

$$Q_{\text{в}} = 112\,258 - 43\,648 - 2\,416 = 57\,375 \text{ ккал/год} = 66\,727 \text{ Вт}$$

Необхідна кількість води на основі теплового балансу визначається за формулою:

$$G_{\epsilon} = \frac{Q_{\epsilon}}{C_p \Delta t} \quad (1.22)$$

де $C_p=1$ ккал/кг*град — питома теплоємність води;

$\Delta t = 4^{\circ}$ — різниця температура води на вході та виході з валків.

Підставляючи числові дані в формулу (3.22) отримуємо:

$$G_{\epsilon} = \frac{57375}{1 \cdot 4} = 1434 \text{ кг/год} = 14,4 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Витрату охолоджувальної води приймаємо $10 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$.

Швидкість води в периферійних каналах модернізованої конструкції валків обчислюється за формулою:

$$V_1 = \frac{G_{\epsilon}}{S}, \quad (1.23)$$

S — площа перетину каналів для підводу води, визначається за формулою:

$$S = n \times \pi \times d^2 / 4 = 24 \times 3,14 \times 0,035^2 / 4 = 0,023 \text{ м}^2, \quad (1.24)$$

де $n=24$ — число периферійних каналів.

Підставляючи числові дані до (3.23) отримуємо:

$$V_1 = \frac{8,50}{3600 \times 0,023} = 0,103 \text{ м/сек.}$$

Критерій Рейнольдса в каналі визначається з відношення:

$$Re = \frac{v_1 \times d \times \rho}{\nu} = \frac{0,103 \times 0,035 \times 1000}{1 \times 10^{-4}} = 36050 \quad (1.25)$$

Режим течії турбулентний, оскільки критерій Рейнольдса більше за критичне значення 2200.

Для визначення коефіцієнту тепловіддачі використовуємо формулу Мак-Адамса [3]:

$$\alpha_1 = 0,025 \frac{\lambda}{d} Re^{0,8} Pr^{0,4}, \quad (1.26)$$

де Pr -критерій Прандтля, що розраховується для води за формулою:

$$Pr = \frac{\nu \times C_p \times g}{\lambda} = \frac{1 \times 10^{-4} \times 1,16 \times 10^{-3} \times 9,81}{6 \times 10^{-4}} = 6,85 \quad (1.27)$$

де g — прискорення сили ваги;

λ — теплопровідність води, для інтервалу температур 15-20С значення теплопровідності складає $6 \times 10^{-4} \text{ кВт}/(\text{м} \times \text{град})$.

Підставляючи числові дані до формули (3.26) отримуємо:

$$\alpha_1 = 0,025 \frac{6 \times 10^{-4}}{0,035} 36050^{0,8} 6,85^{0,4} = 0,46 \text{ кВт}/(\text{м}^2 \times \text{град})$$

Коефіцієнт тепловіддачі від суміші до стінки згідно [2] приймаємо рівним:

$$\alpha_2 = 600 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 * \text{год} * \text{град}} = 0,697 \text{ кВт} / (\text{м}^2 * \text{град})$$

Коефіцієнт тепловіддачі від суміші до води визначається за формулою:

$$\begin{aligned} \kappa &= \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{460} + \frac{0,055}{40} + \frac{1}{697,8}} = \\ &= 31,9 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 * \text{год} * \text{град}} = 37,1 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 * \text{град}} \end{aligned} \quad (1.28)$$

де $\delta_{cm}=0,055$ м-товщина стінки валка крізь яку відбувається теплопередача;

$\lambda_{cm}=40 \frac{\text{ккал}}{\text{м} * \text{год} * \text{град}}$ — коефіцієнт теплопровідності матеріалу валка [3].

Визначаємо кількість тепла, яке може відвести поверхня валків що віддає тепло:

$$Q_{вал} = 2 * \kappa_{вал} * F * \Delta t, \quad (1.29)$$

де $\kappa_{вал} = 120 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 * \text{год} * \text{град}}$ — коефіцієнт теплопередачі;

F — поверхня що віддає тепло одного валка, визначається за формулою:

$$F_{вал} = 3,14 * D_{cp} * L = 3,14 * 0,645 * 3,295 = 6,67 \text{ м}^2 \quad (1.30)$$

де $D_{cp} = 0,645$ м — середній діаметр валка.

Δt — середня різниця температур між сумішшю та водою

Оскільки $\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{м}} = \frac{112}{6} = 18,67 > 2$, то середня різниця температур

Визначається як середнє логарифмічне

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}}} = \frac{112 - 6}{\ln \frac{112}{6}} = 36,2^{\circ} \quad (1.31)$$

де — більша різниця температур;

$\Delta t_{\text{м}} = 6^{\circ} \text{C}$ — менша різниця температур.

Підставляючи числові дані в формулу (3.29.) отримаємо:

$$Q_{\text{вал}} = 2 * 120 * 6,67 * 36,2 = 57949 \text{ ккал/год} = 67398 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{вал}} = 67398 \text{ Вт} > Q_{\text{в}} = 66727 \text{ Вт}$$

Отже умова охолодження виконується.

Нев'язка теплового балансу складає 1 %, що цілком прийнятне.

На підставі виконаних розрахунків можна зробити висновок, що проведена модернізація конструкції валків, окрім забезпечення більш якісного регулювання температури дозволяє також знизити об'ємну витрату води з 16 до 10 $\text{м}^3 / \text{год}$.

1.5 Розрахунки на міцність

1.5.1 Розрахунок гвинта упорного

Визначаємо розмірів гвинта та гайки. Внутрішній діаметр різьби гвинта (найменший діаметр гвинта) з умови простого стискання з урахуванням кручення вісі зусилля:

$$P_p = 1,3P = 1,3 * 1500 = 1950 \text{ кН}, \quad (1.32)$$

де $P = \frac{3000}{2} = 1500$ кН — максимальне розпирне зусилля, що на гвинт.

$$d \leq \sqrt{\frac{4P_p}{\pi[\sigma]_{сж}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1950 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 270}} = 109 \text{ мм} \quad (1.33)$$

де $[\sigma] = 270$ МПа — допустима напруга на стиск для сталі 40Х, HRC 37-40, II рід навантаження [3].

вибираємо гвинт з різьбою Трап 140х16,

внутрішній діаметр $D_{вн} = 122$ мм

середній діаметр $D_{ср} = 132$ мм

висота гайки $H = 1,2 \cdot D = 1,2 \cdot 140 = 170$ мм.

Зовнішній діаметр гайки з розрахунку на розрив з врахуванням кручення визначаємо за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3 \cdot P}{\pi[\sigma]_p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3 \cdot 1500 \cdot 10^3}{\pi \cdot 155}} \cong 190 \text{ мм} \quad (1.34)$$

де $[\sigma]_p = 155$ МПа — допустима напруга для сталі 45 II рід навантаження.[3]

Зовнішній діаметр буртика з умови міцності при стисканні :

$$\sigma_{см} = \frac{P}{\frac{\pi}{4}(D_1 - D)} \quad (1.35)$$

Підставляючи чисельні дані до формули (3.35) отримуємо:

$$\sigma_{cm} = \frac{150 \cdot 10^4}{\frac{3,14}{4} (270^2 - 190^2) \cdot 10^{-3}} = 52 \text{ МПа},$$

де $D_1 \cong D \cdot 1,35 = 270 \text{ мм}$ — діаметр бурта гайки за емпіричною формулою [5]. $[\sigma_{cm}] = 170 \text{ МПа}$ — допустима напруга на зім'яття для сталі 45, II рід навантаження [3].

$$\sigma_{cm} < [\sigma]_{cm}$$

Висота буртика з розрахунку на згин визначається за формулою:

$$h = \sqrt{\frac{3 \cdot P \cdot (D_1 - D)}{\pi \cdot D \cdot [\sigma]_u}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 150 \cdot 10^4}{3,141 \cdot 19 \cdot 1750}} = 55 \text{ мм} \quad (1.36)$$

де $[\sigma]_u = 175 \text{ МПа}$ — допустима напруга на згин для сталі 45, покращеної, II рід навантаження [3].

За [3] бажано, щоб

$$h = \frac{1}{3} H = \frac{170}{3} = 56 \text{ мм}, \text{ що сприяє рівномірному розподілу навантаження по}$$

виткам гвинта.

1.5.2 Перевірочний розрахунок на міцність різьби гайки

Напруга згину визначається за формулою:

$$\sigma_u = \frac{6P}{\pi \cdot D \cdot H} = \frac{6 \cdot 150 \cdot 10^4}{3,14 \cdot 124 \cdot 170 \cdot 10^{-6}} = 136 \text{ МПа} \quad (1.37)$$

де $D = 124$ мм-внутрішній діаметр гайки

$$[\sigma]_u = 175 \text{ МПа} > \sigma_u = 136 \text{ МПа}$$

Перевірку витків гайки на зріз не виконуємо, оскільки напруга зрізу в різьбі в 3 рази менше напруги згину.

Напруга зім'яття визначається за формулою:

$$\sigma_{cm} = \frac{P}{z \frac{\pi}{4} (D_n^2 - D_{вн}^2)} = \frac{150 * 10^4}{\frac{170}{16} * \frac{3,14}{4} (142^2 - 124^2)} = 28,2 \text{ МПа} \quad (1.38)$$

$$[\sigma]_{cm} = 50 \text{ МПа}$$

1.5.3 Перевірочний розрахунок на міцність зубців шліцевого з'єднання

Вибране шліцеве з'єднання: Ев 140х3,5х38-9h

Напруга зім'яття визначається за формулою:

$$\frac{8M_{л \max}}{\varphi * Z * (D_g^2 - d_a^2) * l} \leq [\sigma]_{cm} \quad (1.39)$$

де $\varphi = 0,8$ — коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу зусиль по робочим поверхням зубців.

$Z=38$ — число зубців.

$D=D_B=140$ мм — зовнішній діаметр шліцьового вала.

$d_a=D-2m=140-2*3,5=133$ мм — внутрішній діаметр шліцьового отвору.

$m=3,5$ мм — модуль.

$l=175$ мм — довжина шліцьового отвору.

Підставляючи в формулу (3.38) приведені величини отримуємо:

$$\sigma_{cm} = \frac{8 * 187200}{0,8 * 38 * (140^2 - 133^2) * 175} = 14,75 \text{ МПа}$$

$$[\sigma]_{cm} = 15 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{cm} = [\sigma]_{cm}$$

Напруга зрізу:

$$\frac{4 * M_{max}}{\varphi * z * (D_B + d_a) * b * l} \leq [\tau]_{cp} \quad (1.40)$$

де $b=6$ мм — ширина зуба у основи

Підставляючи чисельні дані в формулу (3.40) отримуємо:

$$\tau_{cp} = \frac{4 * 1872 * 10^3}{0,8 * 38 * 273 * 175 * 6 * 10^{-9}} = 10,3 \text{ МПа} \leq [\tau]_{cp} = 80 \text{ МПа}$$

Матеріал втулки шліцьового з'єднання — сталь 45Л.

1.5.4 Розрахунок п'яти

Розрахунок п'яти ведемо на контактні напруги.

Визначаємо величину найбільших напружень в центрі круга дотику для дотичних поверхонь сфери та площини.

$$\sigma_{\max} = 0,388\sqrt{PE^2 * 1 / R^2} = 0,388 * \sqrt{150 * 10^4 (2 * 10^6)^2 1 / 800^2} = 17,6 \text{ МПа} \quad (1.41)$$

де $E=2*10^5$ -МПа — модуль пружності

$R=800$ мм — радіус п'яти.

Визначаємо розрахункову напругу в найбільш небезпечній точці матеріалу.

$$\sigma_1 = 0,6 * \sigma_{\max} = 0,6 * 176,2 = 105,5 \text{ МПа}$$

Визначаємо напругу на поверхні дотику.

$$\sigma_2 = \sigma_{\max} * n = 176,2 * 0,22 = 38,8 \text{ МПа} \quad (1.42)$$

де $n=0,22$ -коефіцієнт, що залежить від величини $R/2$.

Розраховану напругу в найбільш небезпечній точці порівнюємо з межею текучості:

$$\sigma_T = 1100-1200 \text{ МПа} \text{ — для сталі 40Х НРС 41-37.}$$

$$\sigma_T > \sigma_1$$

Визначаємо момент тертя в п'яті:

$$M_{mp} = \frac{2}{3} * P * f * R_1 = \frac{2}{3} * 150 * 10^4 * 0,12 * 20,2 = 2420 \text{ Н} \quad (1.43)$$

де $f=0,12$ -коефіцієнт тертя (напівсухого) сталі по сталі.

$$R_1 = \sqrt{\frac{3 * P}{2 * \pi * \sigma_{\max}}} = \sqrt{\frac{3 * 150 * 10^4}{2 * 3,14 * 17620}} = 20,2 \text{ мм}$$

R=20,2 мм-радіус круга дотику дотичних поверхонь.

1.5.5 Визначення крутного моменту, прикладеного до гвинта.

Крутний момент $M_{кр}$ складається з моменту опору в різьбі M_n та моменту тертя в п'яті $M_{тр}$.

$$M_{\max} = M_{тр} + M_n = 2420 + 16300 = 18720 \text{ Н*м} \quad (1.44)$$

де $M_{тр} = 2420 \text{ Н*м}$

$$M_n = P \frac{D_{cp}}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \rho) = 150 * 10^4 * \frac{132}{2} * \operatorname{tg} 9^0 20' = 16300 \text{ Н*м} \quad (1.45)$$

$D_{cp} = 132$ — середній діаметр різьби

$\alpha = 2^0 20'$ — кут під йому різьби

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S}{\pi * D_{cp}} = \frac{16}{3,14 * 132} = 0,0386$$

$S = 16 \text{ мм}$ — крок різьби гвинта.

$\rho = 7^0$ — кут тертя в різьбі

$\operatorname{tg} \rho = f' = 0,124$ — приведений коефіцієнт тертя в трапецеїдальній різьбі.

$$f' = \frac{f}{\cos \varphi} = \frac{0,12}{\cos 15^0} = 0,124$$

$f=0,12$ — коефіцієнт тертя сталь по сталі (напівсухого)

$2\varphi = 30^0$ — кут профіля різьби.

Виконані розрахунки підтверджують працездатність механізмів регулювання зазору.

1.6 Розрахунок вихідного валу редуктору.

Вихідні дані.

Частота обертання валу	$n=12,54$ об/хв.
Найбільший крутний момент	$M_{кр}=1381000$ Н*м.
Матеріал валу	Сталь 35ХМ.
Механічні властивості:	
-межа міцності на розтяг	$\sigma_s = 800\text{Мпа};$
-межа текучості при розтягу	$\sigma_m = 600\text{Мпа};$
-межа текучості при зсуві	$\tau_T = 360\text{Мпа};$
-межа тривкості при згині	$\sigma_{-1} = 400\text{Мпа};$
-межа міцності на розтяг	$\sigma_s = 800\text{Мпа};$
-межа тривкості при крученні	$\tau_{-1} = 800\text{Мпа};$
Запас міцності:	
-за межею текучості	$n_{T\min} = 1,5$

-за межею витривалості

$$n_{\min} = 1,6$$

1.6.1 Визначення сил, що діють на вал

Окружна сила, що діє на вал визначається за формулою:

$$P_o = \frac{2M_{kp}}{d_k} = \frac{2 \times 1381000}{1,138} = 2427065 \text{ Н}, \quad (1.46)$$

де d_k -ділильний діаметр зубчатого колеса, що насаджено на вал.

Радіальна сила, що діє на вал визначається за формулою:

$$P_r = \frac{P_o \times \operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} = \frac{2427065 \times \operatorname{tg} 20}{\cos 13} = 906681 \text{ Н}, \quad (1.47)$$

де α - кут зачеплення;

β - кут нахилу зубів зубчатого колеса.

Осьова сила, що діє на вал, визначається за формулою:

$$P_o = P_o \times \operatorname{tg} \beta = 2427065 \times 0,2309 = 560409 \text{ Н}, \quad (1.48)$$

1.6.2 Визначення реакцій в опорах.

Реакція в опорі В (мал.3.3.) визначається за формулою:

$$R_B = \sqrt{R_{Bx}^2 + R_{Bz}^2} \quad (1.49)$$

де R_{Bx} — горизонтальна складова реакції, визначається за формулою:

$$R_{Bx} = \frac{P_o \times l}{l} = \frac{2427065 \times 450}{670} = 1630118 \text{ Н}; \quad (1.50)$$

R_{Bz} — вертикальна складова реакції, визначається за формулою:

$$R_{Bz} = \frac{P_r \times l + P_o \times d_k}{2l} = \frac{906681 \times 0,45 + 560409 \times 1,138}{2 \times 0,67} = 780411 \text{ Н} \quad (1.51)$$

Підставляючи числові дані до формули (3.51) отримуємо:

$$R_B = \sqrt{1630118^2 + 780411^2} = 1807298 \text{ Н}$$

Реакція в опорі А визначається за формулою:

$$R_a = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{Az}^2} \quad (1.52)$$

де R_{Ax} -горизонтальна складова реакції, визначається за формулою:

$$R_{Ax} = P_o - R_{Bx} = 2427065 - 1630118 = 796947 \text{ Н} \quad (1.53)$$

R_{Bz} -горизонтальна складова реакції, визначається за формулою:

$$R_{Az} = P_r - R_{Bz} = 906681 - 780411 = 126270 \text{ Н} \quad (1.54)$$

Підставляючи числові дані в формулу (3.52) отримуємо:

$$R_a = \sqrt{796947^2 + 126270^2} = 806888 \text{ Н.}$$

1.6.3 Визначення згинаючих моментів.

Згинаючий момент визначаємо для найбільш небезпечного перетину валу-перетину I-I.

Згинаючий момент визначається за формулою:

$$M = \sqrt{M_x^2 + M_z^2}, \quad (1.55)$$

де M_x — значення моменту в горизонтальній площині, визначається за формулою:

$$M_x = P_o \times l_1 = 2427065 \times 0,45 = 1092179 \text{ Н*м} \quad (1.56)$$

M_z — значення моменту в вертикальній площині, визначається за формулою:

$$M_z = R_{Az} \times l_1 = 126270 \times 0,45 = 56822 \text{ Н*м} \quad (1.57)$$

Підставляючи числові дані до формули (3.55) отримуємо:

$$M = \sqrt{1092179^2 + 56822^2} = 1093656 \text{ Н*м.}$$

1.6.4 Визначення запасів міцності.

Осьовий момент опору визначається за формулою:

$$W = \frac{\pi \times d^3}{32} = \frac{3,14 \times 0,32^3}{32} = 0,00103 \text{ м}^3, \quad (1.58)$$

де d — діаметр валу в перетині, що розглядається.

Полярний момент опору визначається за формулою

$$W_p = \frac{\pi \times d^3}{16} = \frac{3,14 \times 0,32^3}{16} = 0,00206 \text{ м}^3 \quad (1.59)$$

Площа поперечного перетину валу:

$$F = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3,14 \times 0,32^2}{4} = 0,08038 \text{ м}^2 \quad (1.60)$$

Нормальна напруга, що діє в перетині:

$$\sigma = \frac{M}{W} + \frac{P_o}{F} = \frac{1093656}{0,00103} + \frac{560409}{0,08038} = 268 \text{ МПа} \quad (1.61)$$

Дотична напруга, що діє в перетині:

$$\tau = \frac{M_{\kappa p}}{W_p} = \frac{1381000}{0,00206} = 67,4 \text{ МПа} \quad (1.62)$$

Запас міцності за межею текучості:

За нормальними напругами:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_T}{\sigma} = \frac{600}{268} = 2,23 \geq [n] = 1,6 \quad (1.63)$$

За дотичними напругами:

$$n_{\tau} = \frac{\tau_T}{\tau} = \frac{360}{67,4} = 5,34 \geq [n] = 1,5 \quad (1.64)$$

Таким чином, виконані розрахунки підтверджують працездатність вихідного валу редуктору що проектується, запас міцності валу перевищує мінімально прийнятний.

2 3D-МОДЕЛЬ МОДЕРНІЗОВАНОЇ ЧАСТИНИ УСТАНОВКИ (ВУЗОЛ, ДЕТАЛЬ)

Розробка 3D моделі деталі модернізованої частини вальців була проведена за допомогою програмного забезпечення AutoCAD, що забезпечує швидку та точну розробку моделі. Для зручності також було використано вбудовану мову програмування AutoLISP. Визначений програмний код забезпечує зміну параметрів деталі без необхідності її розробки з нуля, а лиш конфігурує потрібні розміри.

Вихідний код програми наведено в Додаток „„

2.1 Формування завдання

Розробити програмне забезпечення для проектування шліцевого валу. Програму виконати на функціональній мові AutoLISP в програмному середовищі AutoCAD.

Програмне забезпечення має містити автоматизовану систему що забезпечує:

- 1) можливість вводу вихідних розмірів засобами багаторівневого віконного меню та графічних засобів;
- 2) оперативну обробку проектної документації, виконаної в системі AutoCAD;
- 3) можливість доповнення системи програмами для виконання креслень нових деталей без суттєвого доопрацювання системи;
- 4) побудова твердотільної моделі типу SOLID для подальшого нанесення сіткової області та проведення розрахунків на міцність;
- 5) вихідні тексти програм повинні бути написані на функціональному мовою

AutoLISP і орієнтовані на використання в середовищі AutoCAD.

2.2 Структура програмного модулю

Розроблена система надає можливість виконувати параметризовані креслення за допомогою задання значень параметрів або їх корегуванням. Введення і коректування задається інформації здійснюється в інтерактивному режимі з використанням діалогових вікон AutoCAD. Введення чисельних величин здійснюється з екрану і рядків підказок.

Система розміщена в каталозі C:\Lis\. У каталозі Lis повинні знаходитися файли «dial_okno.DCL», «kr.lsp», «kr2.lsp», «start_kp.lsp», в яких містяться програми. Крім того в каталозі також знаходяться файли: «Ris.sld», «Dan.txt».

Програмні коди усіх файлів наведені в ДОДАТОК В.

У програмах використовуються наступні підпрограми:

- (prov_vv) – виконує перевірку правильності вводу числових значень;
- (2d) – побудова 2D креслення деталі;
- (3d) – побудова 3D креслення деталі;
- (format_ramka) – побудова рамки креслення;
- (sp) – повертає координати точки, що симетрична точці відносно відповідної точки (BP);

2.3 Підготовка середовища AutoCAD

Створюємо середовище , яке визначається опціями (див. Таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Системні змінні AutoCAD

Системні змінні	Значення	Результат
CMDECHO	0	При виконанні функції AutoLISP підказки й введена інформація не відображаються
OSMODE	0	Не встановлюється код об'єктної фіксації
APERTURE	3	Висота прицілу об'єктної прив'язки в пікселях
PICKBOX	3	Висота прицілу вибору об'єкта в пікселях
UCSFOLLOW	0	При зміні ПСК вид не змінюється
DIMTON	0	Текст поза продовжень горизонтальний
DIMASO	1	Управління створенням розмірних примітивів
DIMTAD	1	Розміщення тексту над розмірною лінією
DIMEXE	2	Продовження на розмірну лінію
DIMASZ	5	Розмір стрілки
DIMTXT	5	Висота тексту
DIMGAP	2	Відстань між розмірною лінією і текстом

2.4 Блок схема програми

Блок-схема програми приведена на (див. Рисунок 2.1). Вона складається з блоків:

- виклик діалогового вікна;
- введення даних;
- перевірка даних;
- збереження даних в файл;
- побудова 2D/3D;

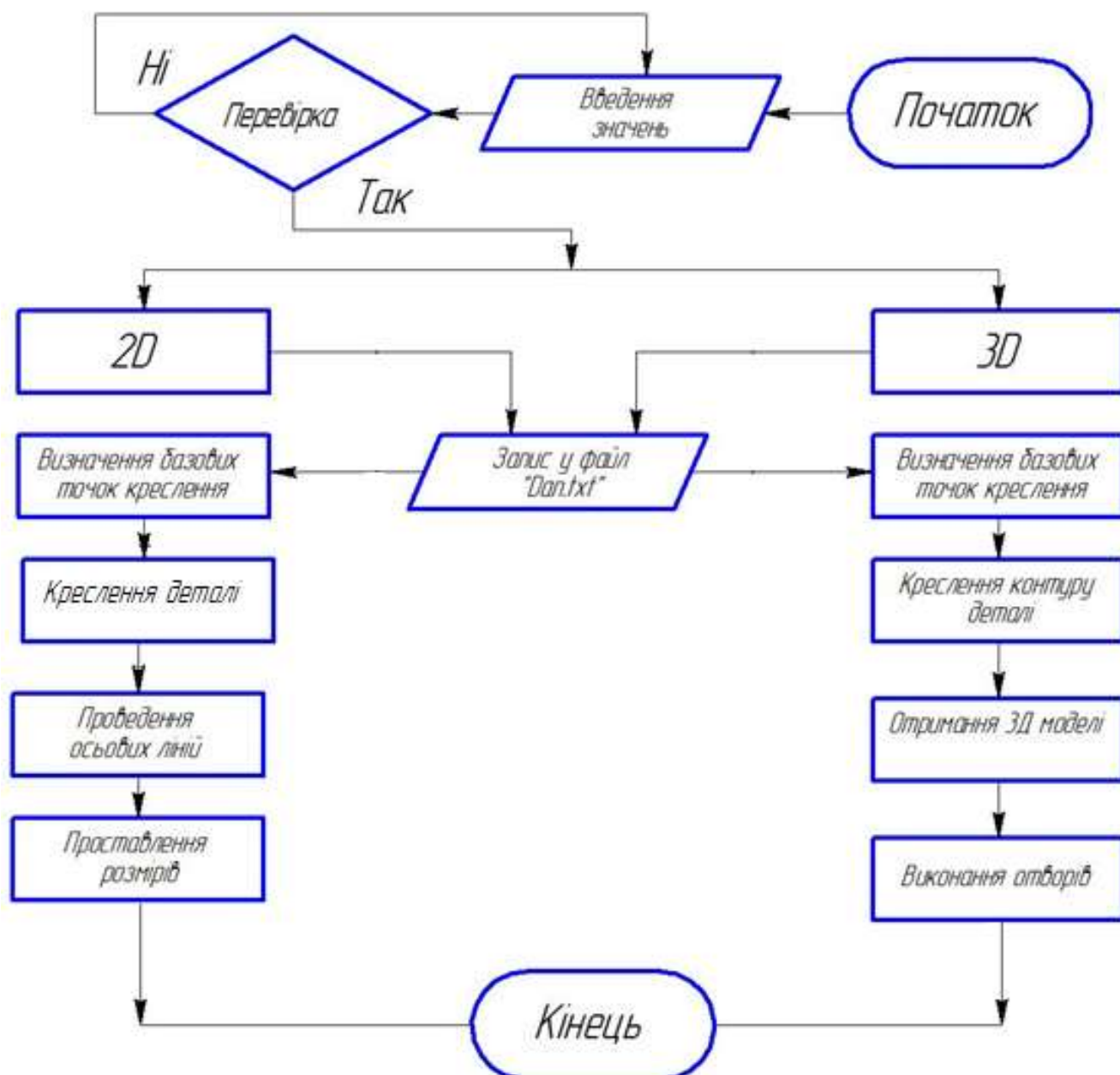


Рисунок 2.1 – Блок-схема програми

2.5 Розрахункова схема

Розрахункова схема для опорного ролика зображена на Рисунок 2.2. Відповідно вказаних точок розроблена програма на функціональній мові AutoLISP, яка приведена в Додатку В. Базова точка розміщена на осі обертання.

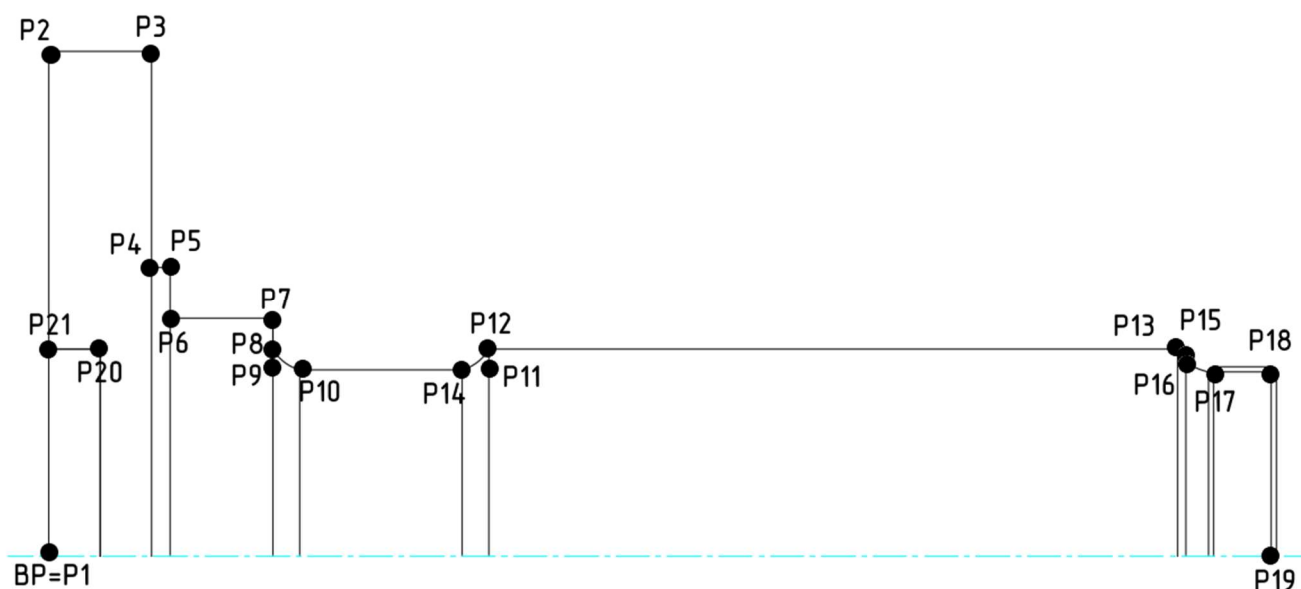


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема

Основні ідентифікатори, що використовуються в програмі і їх зв'язок з параметрами, що вводяться, наведені в Таблиця 2.2

Таблиця 2.2 – Основні ідентифікатори

Позначення у програмі	Умова виконання	Числові значення, мм
R1	$_D5 < _R1$	450
R2	$_R1 > _R2$	240
R3	$_R1 > _R3$	200
R4	$_D5 < _R4$	80
D1	$_D5 < _R1$	22
L1	$_L2 < _L1$	1000
L2	$_L5 < _L2$	800
L3	$_L5 < _L3$	600
L4	$_L4 > _L5$	120
L5	$_L5 < _L1$	40

2.6 Опис роботи системи

При запуску програми на екрані з'являється діалогове вікно (Рисунок 2.3). Формат цього діалогового вікна визначається в файлі «dialog_rolik.dcl». Дане вікно складається з трьох частин:

1. Ескіз валу та його параметри – відображає назву формальних параметрів. Використовується слайд, записаний в файлі «Ris.sld».
2. Виконання – вміщує такі клавіші керування: «Масштаб», «Перевірка», «Креслити 2D», «Креслити 3D», «Скинути значення», «Відміна».
3. Поля задання розмірів, для зручності поділено на дві підгрупи: «Довжини», «Радіуси».

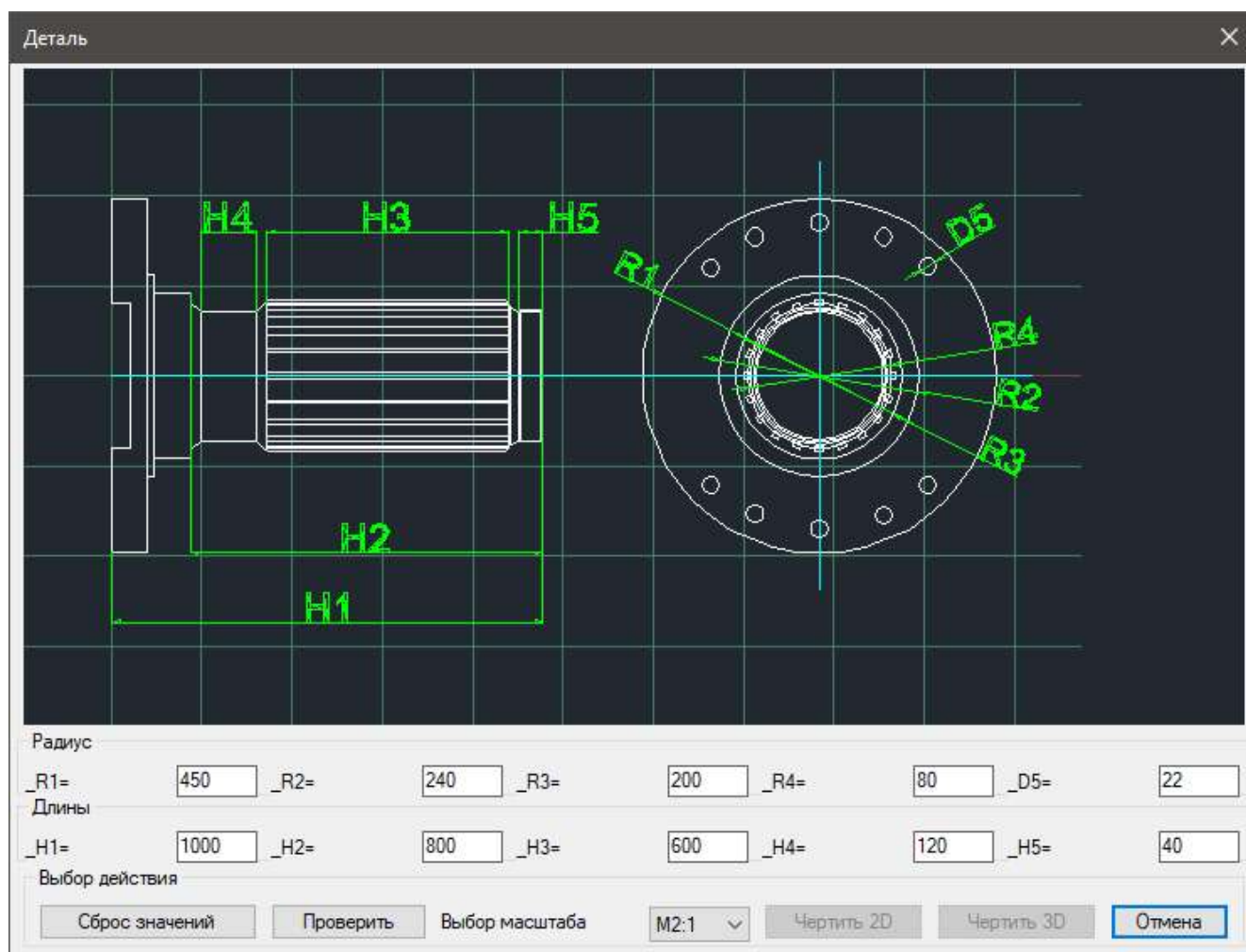


Рисунок 2.3 – Головне діалогове вікно

Зміна параметрів креслення виконується вибором одного з дійсних значень або вводом необхідного значення параметра в відповідну комірку діалогового вікна. Для зміни параметра в діалоговому вікні потрібно за допомогою миші підвести курсор до відповідного вікна і натиснути ліву клавішу на миші. Після цього з клавіатури вводиться нове значення.

Поле «Масштаб» включає в себе набір, що визначає допустимі масштаби креслення. За замовчуванням встановлений масштаб М2:1.

При зміні хоча б одного розміру, кнопки «2D» і «3D» автоматично заморожуються, тим самим роблячи необхідним виклик перевірки.

Базова точка задається за допомогою лівої клавіші миші на робочому просторі AutoCAD. Отримане креслення є стандартним та з ним можна працювати використовуючи будь-які команди AutoCAD.

2.7 Тестування програми

На Рисунок 2.4 та Рисунок 2.5 показано результат 3D та 2D креслення шліцевого валу відповідно.

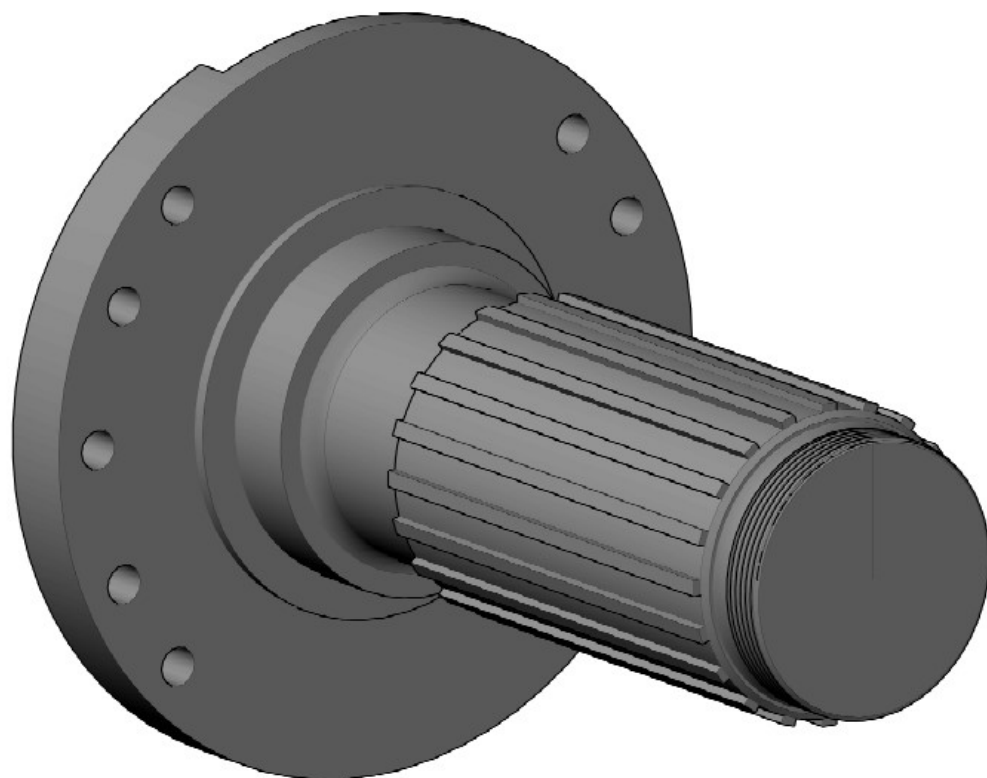


Рисунок 2.4 – 3D креслення деталі шліцевого валу

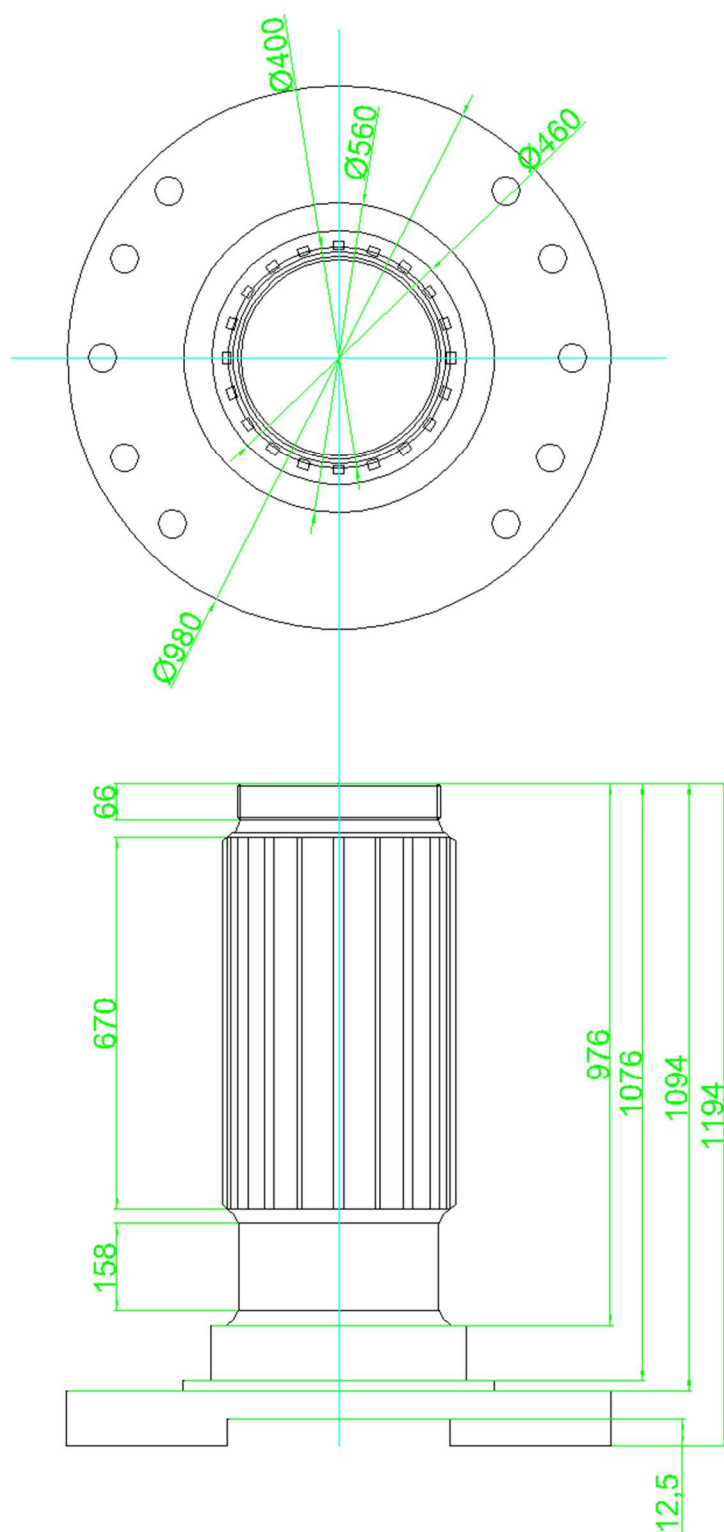


Рисунок 2.5 – 2D креслення деталі шліцевого валу

3 ПІДТВЕРДЖЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

Будь-яка модернізація має бути підтверджена на працездатність та доцільність використання. В наш час зручним інструментом що практично не потребує матеріальних ресурсів для дослідження є ЕОМ, що дійшли такого рівня розвитку, коли звичайний особистий комп'ютер здатен здійснювати такі відповідальні розрахунки. Тому для підтвердження і розрахунку модернізації було використано ЕОМ та відповідне ПЗ.

3.1 Вибір програмного забезпечення

Пошук інструменту даного типу обумовлений його точністю, відповідністю нормам, зручністю використання та сумісністю з іншим програмним забезпеченням яке задіяно в розробці. Розрахунки основної модернізації були проведено за допомогою програмного забезпечення ANSYS. Данне програмне забезпечення цілком задовільняє вимогам до інструментів такого типу, оскільки використовується багатьма інженіринговими компаніями та конструкторськими бюро що підтверджує його актуальність. Сумісність з форматами файлів AutoCAD забезпечує можливість використання 3D моделі, розглянутої в попередньому розділі, для рздійснення розрахунків.

3.2 Проведення розрахунків

Розрахунки виконані в середовищі ANSYS Workbench з попередньо побудованою 3D моделлю в програмному комплексі AutoCAD. Для розрахунку шліцевого валу на міцність імітуємо всі зусилля, які виникають при роботі машини. Була розрахована модель шліцевого валу. Для цього:

1. Торець валу закріплений за допомогою болтів до верхньої вилки універсального шпінделя.

2. Шліцеві виступи, які зачіпляються з шліцевою втулкою, сприймають крутний момент що передається від двигуна.

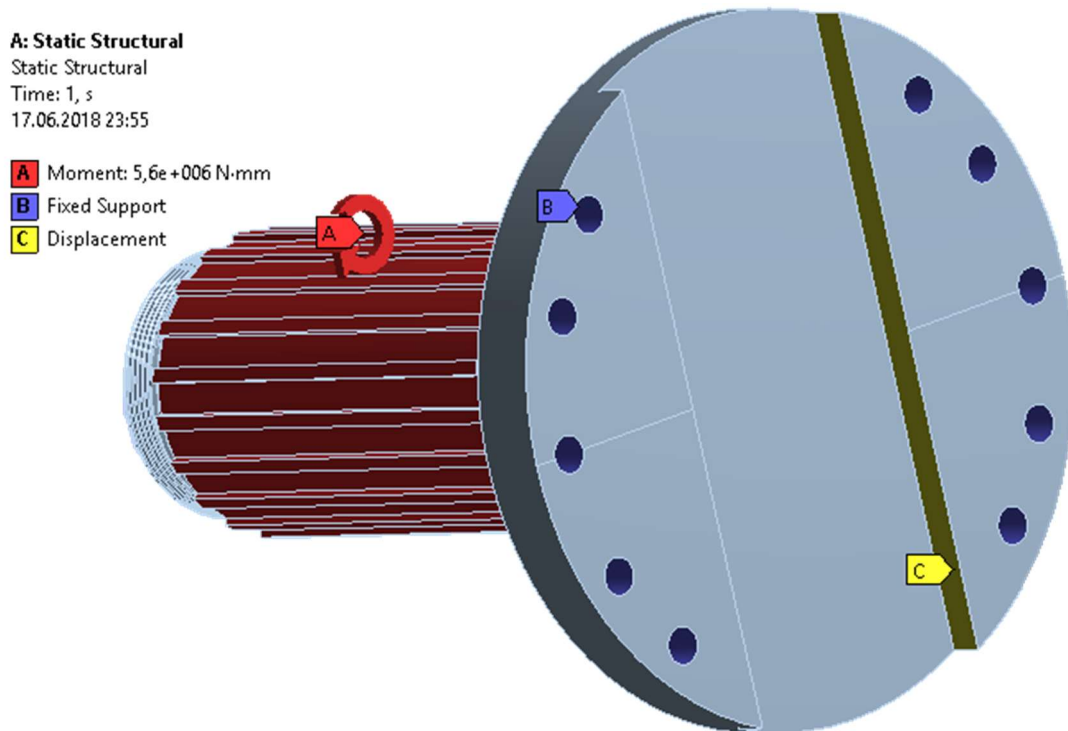


Рисунок 3.1 – Закріплення валу

3. Формуємо розрахункову сітку.

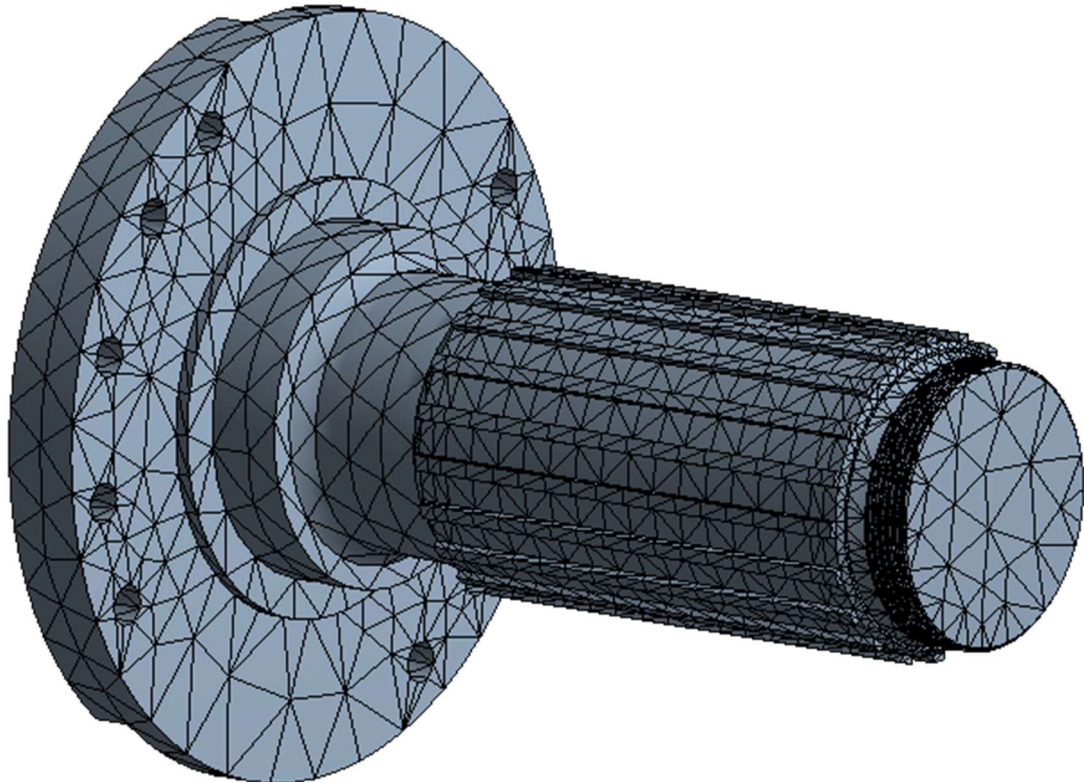


Рисунок 3.2 – Розбиття на скінченні елементи

Результати розрахунків приведені нижче (Рисунок 7.3 – Рисунок 7.5)

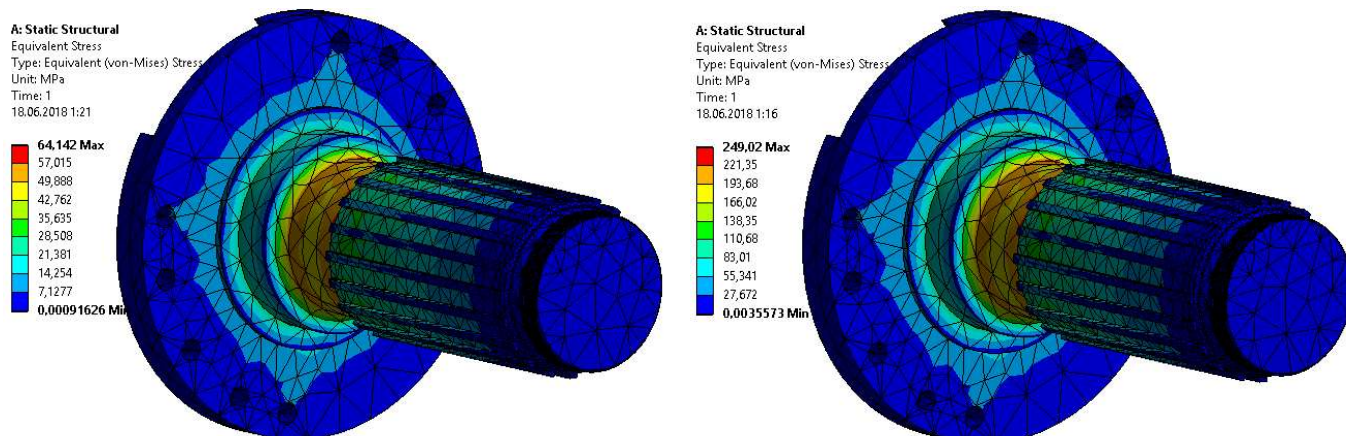


Рисунок 3.3 – Еквівалентні напруження при робочому та максимальному навантаженні

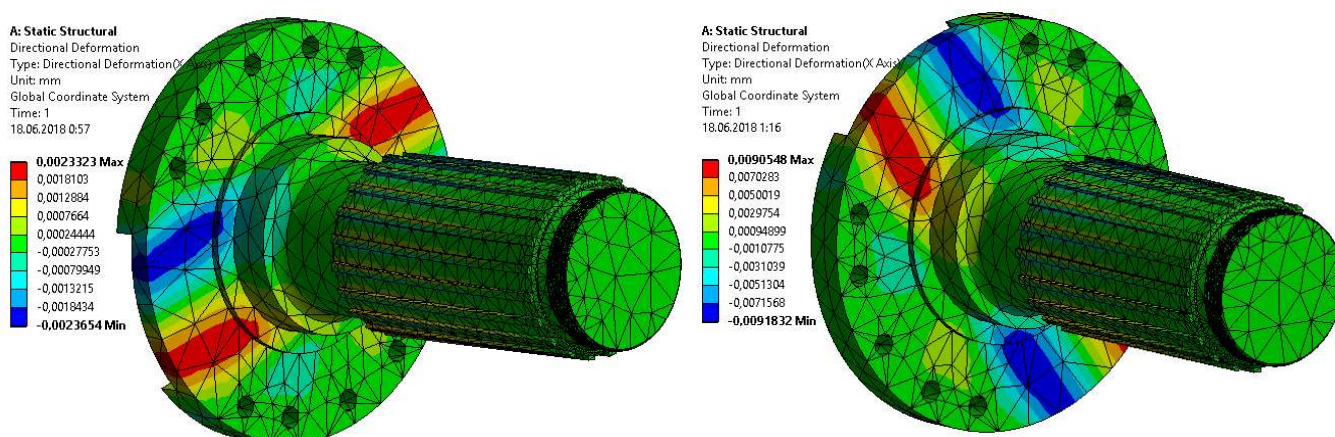


Рисунок 3.4 – Абсолютна деформація при робочому та максимальному навантаженні

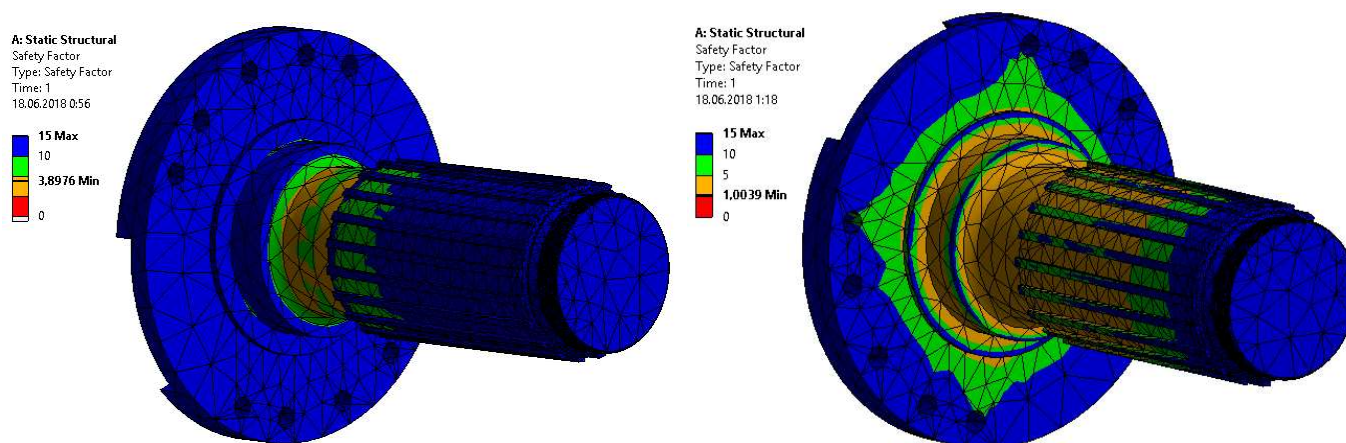


Рисунок 3.5 – Запас міцності при робочому та максимальному навантаженні

3.3 Аналіз розрахунків

Рисунок 3.3 – показано еквівалентні напруження при робочому та максимально допустимому навантаженні валу. Робочі еквівалентні напруження для валу становлять 255 кН/м, а максимальні – 990 кН/м. Найбільші напруження виникають в зоні контакту валу з фланцем верхньої вилки.

Рисунок 3.4 – показано абсолютну деформацію, тобто різницю між кінцевим та початковим значенням величини, яка характеризує розмір деформованого тіла, при робочому та максимально допустимому навантаженні. Максимальна деформація для робочого навантаження становить $2,33 \cdot 10^{-3}$ м, а для максимально допустимого $9,05 \cdot 10^{-3}$ м.

Рисунок 3.5 – зображено запас міцності конструкції при робочому та максимально допустимому навантаженні валу. Мінімальний запас міцності при робочому навантаженні валу становить 3,89, а для максимально допустимого – 1, що означає що при робочих навантаженнях вал має достатній запас міцності, який гарантує довговічність експлуатації шліцевого валу. Мінімальний запас міцності виникає в місцях контакту валу з фланцем, запас міцності на валу та фланці досягає значення 15, що означає можливість оптимізації розмірів конструкції.

Література

1. Лукач Ю.Е., Рябинин Д.Д. и др..Валковые машины для переработки пластмасс и резиновых смесей. – М.: Машиностроение, 1967.-296с.
2. Киркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Расчет и проектирование деталей машин. – Харьков: Основа, 1991.-276с.
3. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. – М.: Машиностроение, 1978.Т.2.-560с.
4. Насонкін Г.О., Нестеров В.Г., Сивецький В.І., Щербина В.Ю. Методичні вказівки до самостійної роботи з дипломного проектування.- Київ, КПІ, 1992.-20с.